2019
VOLUMEN 7

INGENIERÍA AL DÍA

DIBUJANDO CON METALES A ESCALA NANOMÉTRICA

Atrapando la magnetización en sistemas de geometría pentagonal creados por la técnica de litografía de haz de electrones sobre un substrato plano.

El impacto de la espirulina en la alimentación humana

La espirulina es una de las primeras formas de vida fotosintéticas originadas hace 3.500 millones de años. Pertenece al grupo de algas verde-azules que crecen bajo luz solar intensa, a altas temperaturas y en condiciones alcalinas. (28)

BIOCOMBUSTIBLES

La crisis ambiental de los últimos años, ha requerido un replanteamiento de nuestros procesos. Debemos producir lo mismo, pero tratando de hacerlo de forma eficiente y dañando lo menos que podamos nuestro entorno. (36)

Aprendizaje por refuerzo continuo y retroalimentación interactiva

Las investigaciones en el área de sistemas inteligentes han permitido encontrar varios métodos para que una máquina pueda obtener conocimiento, uno de éstos corresponde a aprendizaje por refuerzo. (46)

Entrevista, María Teresa Ruiz, sobre el eclipse total de 2019: "tenemos una conexión con el universo que se transformó en emoción pura"

(52)

UNIVERSIDAD CENTRAL
INDEPENDENCIA • PLURALISMO • COMPROMISO

DIRECTOR

Christian Nicolai, Decano Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Central de Chile.

SUB-DIRECTOR

Karin Cárdenas, Directora Escuela de Ingeniería de la Universidad Central de Chile

EDITOR GENERAL

Sergio Cárdenas, Académico de la Escuela de Ingeniería de la Universidad Central de Chile

COMITÉ EDITORIAL

Loreto Muñoz, Académica investigadora de la Escuela de Ingeniería de la Universidad Central de Chile

Juan Luis Palma, Académico investigador de la Escuela de Ingeniería de la Universidad Central de Chile

Katherine Muñoz, Académica de la Escuela de Ingeniería de la Universidad Central de Chile

Katherine Flores, Periodista de la Dirección de Comunicaciones Corporativas.

Diseño gráfico, **Sebastián Chandía**

Christian Nicolai O.
Decano
Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Presentamos un nuevo número de la revista Ingeniería al Día, de la Escuela de Ingeniería de la nueva Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Central. Con esta revista queremos, por un lado, dar a conocer las actividades realizadas por los académicos en su trabajo de investigación disciplinar, así como en la mejora de los procesos educativos de la ingeniería y, por otra parte, difundir en general la ciencia y la tecnología, con temas de interés local, regional y nacional. También queremos que sea un lugar donde se puedan conocer los logros de excelencia de los estudiantes, ya sea en sus proyectos de titulación, actividades de investigación o proyectos integradores, entre otros.

Cuando en el país hablamos del impacto de la automatización y la robotización, parece evidente revisar de qué hablamos y entender las aplicaciones de la ciencia y tecnología detrás. En este sentido, en esta edición se incluyen dos artículos relacionados con el aprendizaje de las máquinas y un tercero que compara métodos predictivos tradicionales con una aproximación nueva de redes neuronales.

Este año se realizará en Chile la reunión de la COP 25, sobre la temática del cambio climático global, cuestión de principal importancia para el país, los efectos de la escasez hídrica, los cambios de temperatura y su efecto en las masas polares y glaciares de acumulación de agua, los vemos directamente. Por esta razón, todos los esfuerzos en la dirección de prepararnos, ser resilientes y tratar de mejor manera nuestro entorno, son relevantes. Nuestra Facultad está trabajando en la búsqueda de mejores proteínas de origen vegetal y en formas de generación de energía renovables y amigables con el medioambiente, al respecto, hemos incluido un artículo sobre los beneficios del consumo de espirulina en nuestra alimentación y otro artículo para explicar qué son, de dónde se obtienen y las aplicaciones del biocombustible.

En relación con la mejora continua de la educación en la ingeniería, tarea permanente y la que nuestros profesores destacan, presentamos dos artículos de difusión, uno sobre el trabajo de laboratorio, para estampar formas 3D a escala nanométrica y otro acerca el uso de realidad virtual inmersiva en el aula.

Agradecemos a los autores, al equipo editorial y confiamos que por este medio estamos contribuyendo a la creación y difusión del conocimiento.

Karin Cárdenas A.

Directora
Escuela de Ingeniería
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Universidad Central de Chile

El rol de la divulgación científica, es un aspecto altamente valorado en la Escuela de Ingeniería de la Universidad Central de Chile, ya que entendemos que es fundamental que los nuevos avances en los ámbitos de la ciencia y tecnología puedan ser conocidos y aplicados.

Hoy la humanidad se enfrenta a una serie de desafíos producto de dos grandes fuerzas, por una parte, el cambio climático y por otra, la disrupción tecnológica, ambos fenómenos están redefiniendo nuestra forma de vida y cambiando radicalmente nuestro futuro. En este contexto, Chile, se prepara para alojar a la COP25, reunión internacional clave para enfrentar las consecuencias del cambio climático. Efectos que hoy en día se sufren y se evidencian con zonas en emergencias hídricas a nivel del consumo humano, de la agricultura y la ganadería, deshielo de glaciares y aumento de la desertificación.

Paralelamente a ello, el mundo productivo y del trabajo está siendo completamente remodelado por las tecnologías disruptivas, promoviendo cambios profundos en la industria, impactando nuestras perspectivas presentes y futuras de crecimiento económico.

En el escenario actual de desafíos globales y locales, la ingeniería tiene un papel protagónico, la misma tecnología que ayudó a desatar estas fuerzas es la llamada a encontrar soluciones para la humanidad y el planeta, nuestro deber como ingenieros es transformar el conocimiento en soluciones, en este esfuerzo nuestra Escuela de Ingeniería está empeñada en generar y difundir conocimiento científico y nuevas tecnologías.

Estamos ciertos de que esta nueva edición de la revista será un aporte a esta gran tarea que tenemos como comunidad y agradecemos enormemente el esfuerzo y compromiso del equipo de académicos de la Escuela de Ingeniería que trabaja continuamente para hacerla posible.

ÍNDICE

08

APRENDIZAJE POR REFUERZO EXPLICATIVO BASADO EN MEMORIA EPISÓDICA

→ *Francisco Cruz*

El aprendizaje por refuerzo (reinforcement learning, RL) es un enfoque de aprendizaje basado en la psicología conductual, utilizada por agentes artificiales para aprender de forma autónoma mediante interacción con su entorno.

14

POTENCIALES EFECTOS DE LA INGESTA DE FIBRAS SOLUBLES: ESTUDIO IN VITRO

→ *Natalia Vera C.* • *Loreto Muñoz H.*

Algunas fibras dietaria, especialmente las solubles, han recibido especial atención debido a su capacidad para modificar las propiedades físicas de la digesta y a su estrecha relación con efectos fisiológicos positivos.

22

REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA

→ *Jaime Arriagada Araya* • *Alejandro Sanhueza Olave*

Experiencias de incorporación de tecnología en cursos asociados a la comprensión de proyectos.

28

EL IMPACTO DE LA ESPIRULINA EN LA ALIMENTACIÓN HUMANA

→ *Loreto Muñoz H.*

La espirulina es una de las primeras formas de vida fotosintéticas originadas hace 3.500 millones de años. Pertenece al grupo de algas verde-azules que crecen bajo luz solar intensa, a altas temperaturas y en condiciones alcalinas.

32

DIBUJANDO CON METALES A ESCALA NANOMÉTRICA

→ *Juan Luis Palma*

Atrapando la magnetización en sistemas de geometría pentagonal creados por la técnica de litografía de haz de electrones sobre un substrato plano.

CIENTÍFICO TECNOLÓGICO
DIVULGACIÓN
CULTURA POP
PROYECTO

36 **BIOCOMBUSTIBLES**

→ *Sergio Cárdenas*

La crisis ambiental de los últimos años, ha requerido un replanteamiento de nuestros procesos. Debemos producir lo mismo, pero tratando de hacerlo de forma eficiente y dañando lo menos que podamos nuestro entorno.

42 **LOS CUATRO FANTÁSTICOS EN: LA MUJER INVISIBLE Y SU PROBLEMA DE CEGUERA**

→ *Juan Luis Palma*

Muchas veces nos encantamos con las películas de ciencia ficción, o con los relatos que nos ofrece el mundo de los cómics, que hoy en día atrae a muchas más personas por sus universos cinematográficos. Aquí analizamos desde un punto científico algunos aspectos de la cultura pop.

44 **PRONÓSTICOS DE VENTAS UTILIZANDO BOX-JENKINS Y REDES NEURONALES PARA UNA INDUSTRIA DEL SECTOR GRÁFICO**

→ *Cristian Quero Varas • Omar Carrasco Carvajal*

La presente investigación realiza proyecciones utilizando como base las series de tiempo de venta de tres productos de la industria gráfica.

48 **APRENDIZAJE POR REFUERZO CONTINUO Y RETROALIMENTACIÓN INTERACTIVA**

→ *Ángel Ayala • Claudio Henríquez • Francisco Cruz*

Las investigaciones en el área de sistemas inteligentes han permitido encontrar varios métodos para que una máquina pueda obtener conocimiento, uno de éstos corresponde a aprendizaje por refuerzo.

54 **ENTREVISTA, MARÍA TERESA RUIZ, SOBRE EL ECLIPSE TOTAL DE 2019: "TENEMOS UNA CONEXIÓN CON EL UNIVERSO QUE SE TRANSFORMÓ EN EMOCIÓN PURA"**

APRENDIZAJE POR **REFUERZO EXPLICATIVO** BASADO EN **MEMORIA EPISÓDICA**

Francisco Cruz
Doctor en Ciencias de la Computación.

El aprendizaje por refuerzo (reinforcement learning, RL) es un enfoque de aprendizaje basado en la psicología conductual, utilizada por agentes artificiales para aprender de forma autónoma mediante interacción con su entorno. Como en muchas otras técnicas de aprendizaje automático, RL se considera una caja negra desde la perspectiva del modelo y, por lo tanto, un problema aún abierto es la falta de visibilidad y comprensión para los usuarios finales en términos de las decisiones tomadas por un agente durante el proceso de aprendizaje. Una forma de superar este problema es proporcionar al agente la capacidad de explicar en términos simples por qué se toma una acción particular en una situación particular. En esta investigación, proponemos un enfoque de aprendizaje por refuerzo explicativo basado en memoria (memory-based explainable reinforcement learning, MXRL). Por medio del uso de una memoria de transiciones, el agente puede explicar sus decisiones utilizando la probabilidad de éxito y el número de transacciones para alcanzar el estado objetivo. El escenario experimental considera dos escenarios simulados: una grilla sin límites con regiones aversivas y una grilla limitada. Los resultados obtenidos muestran que el agente, utilizando información extraída de la memoria, puede explicar su comportamiento de manera comprensible para usuarios finales no expertos en cualquier momento durante su operación.

Introducción

El objetivo del aprendizaje por refuerzo (RL) [1] es proporcionar a un agente autónomo la capacidad de aprender nuevas habilidades solamente interactuando con su entorno. RL ha demostrado ser un enfoque de aprendizaje efectivo, sin embargo, un problema aún abierto es la falta de un mecanismo que permita comunicar claramente las razones por las que se eligen ciertas acciones dado un estado particular.

Pese a que normalmente los agentes artificiales se consideran cajas negras, a menudo, es posible proporcionar interpretaciones técnicas del por qué se deciden ciertas acciones, por ejemplo, un agente de RL podría explicar su comportamiento en términos de valores Q y recompensas futuras [2]. Sin embargo, este tipo de explicación no tiene mucho sentido para usuarios no expertos a quienes se les debe proporcionar explicaciones utilizando un lenguaje similar al dominio del problema para permitirles comprender completamente el comportamiento del agente.

En este trabajo, proponemos un enfoque de aprendizaje por refuerzo explicable basado en memoria (memory-based explainable reinforcement learning, MXRL), que permita a un agente explicar en el lenguaje del dominio la decisión de seleccionar una acción sobre las otras posibles. En nuestro enfoque, se dan explicaciones utilizando la probabilidad de éxito y la cantidad de transiciones necesarias para alcanzar el estado objetivo. Por lo tanto, un agente puede explicar su comportamiento no sólo en términos de valores Q ni en la probabilidad de seleccionar una acción, sino más bien, en términos de la necesidad de completar la tarea prevista.

Inteligencia Artificial Explicable

La inteligencia artificial (IA) está recibiendo cada día más atención en diferentes áreas de nuestra vida diaria. Las aplicaciones en campos como robótica, conducción autónoma de automóviles, asistencia en casa, videojuegos, entre otros, se muestran a diario en los medios de comunicación [3]. En los últimos años, la inteligencia artificial explicable (explainable artificial intelligence, XAI) ha surgido como un área de investigación prominente que tiene como objetivo proporcionar a los sistemas basados en IA la capacidad de dar explicaciones sencillas usuarios finales no expertos [4].

La idea detrás de XAI no sólo tiene como objetivo proporcionar explicaciones, sino también permitir que un sistema de IA: justifique sus decisiones y resultados, controle y prevenga problemas, mejore su comportamiento y descubra nuevo conocimiento [5]. La necesidad de XAI está motivada principalmente por la necesidad de confianza, interacción y transparencia entre usuarios finales y sistemas basados en IA.

XAI es un campo amplio, como la misma IA, con aplicaciones en áreas como transporte, finanzas, medicina y militares, entre otras [3]. En el campo de la interacción humano-robot (human-robot interaction, HRI), el término de agente explicativo se ha utilizado para referirse a robots dedicados a responder preguntas sobre sus razones durante el proceso de toma de decisiones. Langley et al. [6] proponen los elementos de agentes explicativos como el contenido que respalda las explicaciones, una memoria episódica para registrar estados y acciones, además de acceso a su experiencia previa.

Aprendizaje por Refuerzo Explicativo Basado en Memoria

El comportamiento de un agente de RL podría explicarse técnicamente en términos de los valores Q o también en términos algorítmicos. Sin embargo, en este trabajo, buscamos explicaciones que tengan sentido para todo tipo de posible usuario final y no sólo para aquellos que pueden comprender el proceso de aprendizaje subyacente detrás de un agente artificial. En este sentido, buscamos obtener explicaciones de manera similar a como se realizaría en interacción de agentes cognitivos, es decir, mediante el uso de un lenguaje relativo al dominio.

Desde una perspectiva del usuario final, podemos considerar las preguntas más relevantes como: ¿por qué? y ¿por qué no? [7]. Por ejemplo, las siguientes preguntas pueden hacerse a un agente artificial para comprender mejor su comportamiento:

- ¿Por qué diste un paso hacia adelante en el último movimiento?
- ¿Por qué no giraste a la derecha en esta situación?

Por lo tanto, para responder estas preguntas usando un lenguaje comprensible, nuestras explicaciones tienen la intención de determinar:

- La probabilidad de éxito del agente artificial.
- El número de transiciones para alcanzar el estado objetivo, para terminar la tarea o finalizarla dentro de un marco de tiempo.

Para lo anterior, proponemos un enfoque de aprendizaje por refuerzo explicable basado en memoria (MXRL) para calcular la probabilidad de éxito Ps y las transiciones a la meta Nt. Nuestro enfoque consiste de un agente de RL con memoria de transiciones. Para esto implementamos una lista con pares de estado-acción TList que comprende las transiciones que el agente realizó durante su proceso de aprendizaje.

Por un lado, para calcular la probabilidad de éxito Ps, calculamos previamente el número total de transiciones Tt y el número de transiciones involucradas en una secuencia exitosa Ts. Para obtener Ts, utilizamos las transiciones previamente guardadas en la lista Tlist. Cada vez que el agente alcanza el estado final, calculamos la probabilidad Ps = Ts / Tt considerando las transiciones involucradas en el camino hacia el estado objetivo. Por otro lado, las transiciones hasta el estado objetivo Nt se calculan cada vez que termina un episodio. Para cada estado, Nt está determinado por la posición en la lista TList ya que todas las transiciones se han guardado previamente allí. Por lo tanto, cada estado está tan lejos de la meta como su posición en la lista, es decir, índice + 1.

Como también queremos comparar la probabilidad de elegir una acción, calculada a partir de los valores Q, con la probabilidad de tener éxito, se ha implementado el método SARSA y el método de selección de acción softmax. El Algoritmo 1 muestra el enfo-

---

1. Initialize $Q(s,a)$, T_t, T_s, P_s, N_t
2. **for** each episode **do**
3. Initialize T_{List} []
4. Choose an action using $a_t \leftarrow$ SELECTACTION (S_t)
5. **repeat**
6. Take action a_t
7. Save state-action trasnition T_{list}.add (s, a)
8. T_t [s][a] $\leftarrow$ T_t [s][a] + 1
9. Observe reward r_t+1 and next state s_t+1
10. Choose next action a_t+1 using softmax action selection method
11. $Q(s_t,a_t) \leftarrow Q(s_t,a_t) + \alpha\,[r_t+1 + \gamma Q(s_{t+1},a_{t+1}) + Q(s_t,a_t)]$
12. $s_t \leftarrow s_t$+1; $a_t \leftarrow a_t$+1
13. **until** s is terminal (goal or aversive state)
14. **if** s is goal state **then**
15. **for** each s,a $\in T_{List}$ **do**
16. T_s [s][a] $\leftarrow$ T_s[s][a]+1
17. **end for**
18. **end if**
19. Compute $P_s \leftarrow T_s/T_t$
20. Compute N_t for each s $\in T_{List}$ as pos(s, T_{List}) + 1
21. **end for**

Algoritmo 1

Enfoque de aprendizaje de refuerzo explicable basado en memoria con el método SARSA para calcular la probabilidad de éxito y el número de transiciones hasta el estado objetivo.

que MXRL para entrenar agentes usando memoria de transiciones. Mientras que en la línea 7 cada par estado-acción ejecutado se guarda en la memoria, las líneas 19 y 20 calculan las probabilidades finales de éxito Ps y el número de transiciones hasta el estado objetivo Nt para cada episodio respectivamente.

Escenario Experimental

Para producir explicaciones, implementamos un escenario de grilla en dos versiones: acotada y sin límites. En otras palabras, el mismo par de estado-acción puede conducir a características diferentes para la explicación según el contexto. Utilizamos una grilla de 3x4, como se muestra en la Fig. 1. En la figura, es posible observar los 12 estados en los que puede estar el agente. El estado objetivo se muestra con un círculo verde en la parte inferior derecha. El círculo gris representa el agente que necesita encontrar el camino hacia el estado final. En cada episodio, el agente se ubica en una posición inicialmente aleatoria dentro de la grilla. Durante los episodios de entrenamiento, el agente tiene que aprender una política adecuada para llegar a la posición deseada. Hay cuatro acciones posibles en este escenario: abajo, arriba, derecha e izquierda.

En principio, consideramos una grilla ilimitada, es decir, el agente puede salir de la grilla y entrar en regiones aversivas que lleven a finalizar el episodio de aprendizaje actual y reiniciar uno nuevo. Las regiones aversivas se muestran en amarillo en la Fig. 1. En este caso, la probabilidad de tener éxito se calcula después de cada episodio de aprendizaje y depende de la experiencia de cada agente para alcanzar el estado final. Además, también hemos considerado una grilla delimitada, es decir, el agente no puede salir de ella. En otras palabras, cada vez que el agente intenta salir de la grilla, el estado actual no se actualiza, manteniendo la posición como estaba antes de seleccionar esa acción. En este contexto, el agente tiene una probabilidad de éxito constante igual a 1, ya que siempre puede completar la tarea, sin embargo, los movimientos necesarios para alcanzar la posición deseada son diferentes para cada estado alcanzado después de ejecutar una acción.

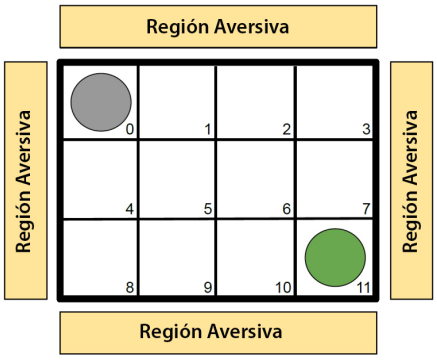


Figura 1

Grilla de 3x4 rodeada de regiones aversivas. El agente puede moverse en cuatro direcciones: abajo, arriba, derecha e izquierda. El círculo verde muestra el estado objetivo. Si el agente alcanza la región aversiva, el episodio de aprendizaje finaliza y se comienza uno nuevo. En grilla acotada, el agente no puede ingresar a las regiones aversivas.

Resultados Experimentales

Para el proceso de aprendizaje, la función de recompensa retorna un valor positivo igual a 1 cuando el agente alcanza el estado final y una recompensa negativa igual a -1 en caso de que el agente entre en la región aversiva. Todos los experimentos se han realizado utilizando el algoritmo de aprendizaje SARSA y el método de selección de acción softmax para el entrenamiento de 100 agentes. Los parámetros utilizados para el entrenamiento son: tasa de aprendizaje $\alpha = 0.3$, factor de descuento $\gamma = 0.9$ y temperatura softmax $\tau = 0.25$, todos ellos fueron determinados experimentalmente y relacionados con nuestro escenario. Los parámetros anteriores se mencionan aquí solo como referencia, pero no son relevantes para este trabajo. Estos parámetros ciertamente afectan la capacidad de los agentes para aprender una solución, sin embargo, estamos interesados en comprender la decisión tomada por un agente en lugar de la velocidad o la capacidad de aprender por parte de los agentes.

Grilla sin límites

Como ha sido mencionado, en la grilla ilimitada, el agente puede salir del escenario hacia la región aversiva. La figura 2 muestra los valores Q obtenidos, la probabilidad de elegir una acción, la probabilidad de éxito y el número de transiciones hacia el estado objetivo.

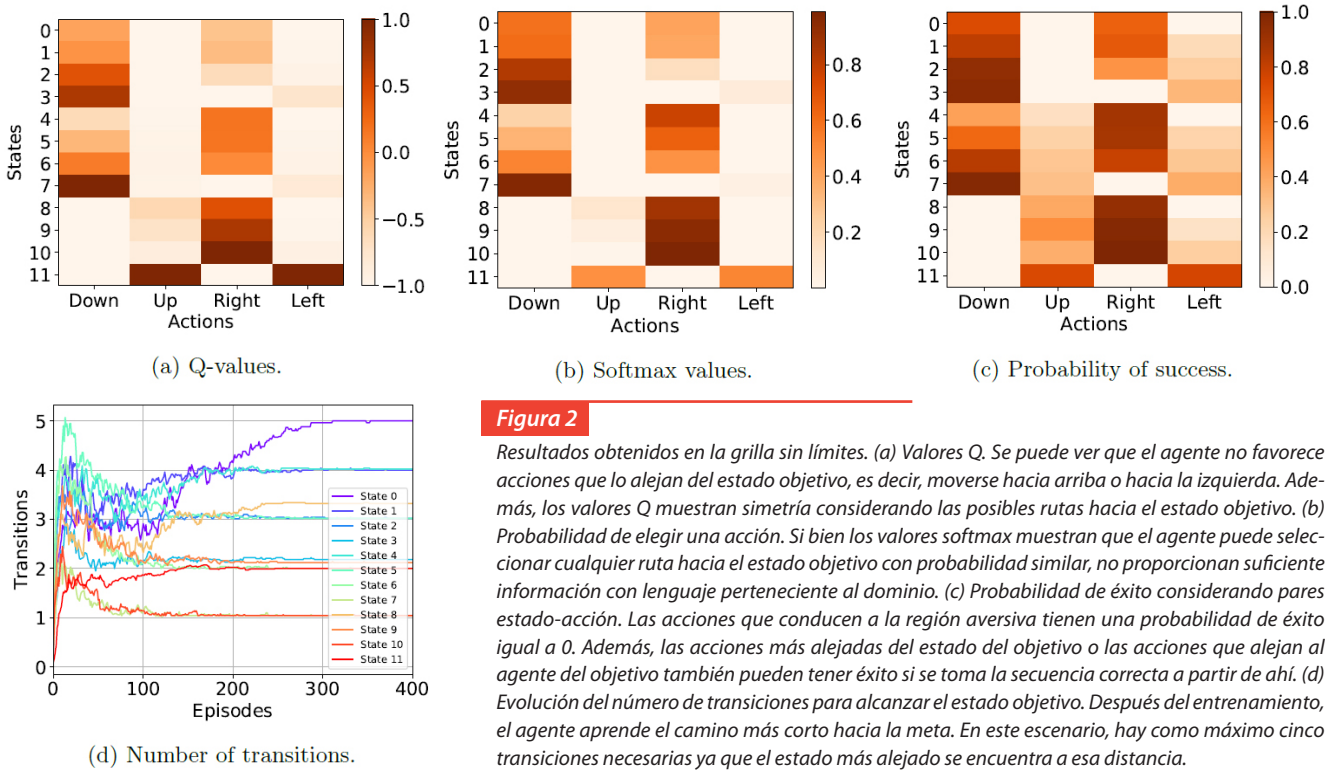
Después de completar el entrenamiento, los valores Q promedio se muestran en la Fig. 2a. Se puede observar que el agente no prefiere acciones como subir o bajar, ya que, independientemente del estado actual, siempre representan alejarse del estado objetivo. En términos generales, los valores Q muestran valores simétricos, lo que significa que el agente puede seleccionar cualquier ruta hacia la meta siempre que sus movimientos sean hacia abajo o hacia la derecha. Por supuesto, cuanto más cerca de la meta mayor la recompensa, por ejemplo, en los estados 7 y 10 ejecutando las acciones abajo o derecha respectivamente, ambos estados siendo adyacentes al estado final. Hay algunas excepciones que presentan un valor Q bajo al desplazarse hacia abajo (estados 8, 9 y 10) y hacia la derecha (estados 3 y 7) que representan el hecho de salir de la cuadrícula hacia la región aversiva.

Fig. 2b muestra la probabilidad softmax de elegir una acción de cada estado después del aprendizaje. Aunque las probabilidades de elegir una acción están conectadas con los valores Q, en términos de las diferentes rutas posibles hacia el estado objetivo, sólo explican qué tan probable es seleccionar una acción en lugar de cuán exitoso sería el agente al seleccionarla. Por lo tanto, todavía no se puede explicar claramente a un usuario final sin experiencia por qué un agente de RL favorecería una de esas acciones.

Fig. 2c muestra la probabilidad de éxito para cada par estado-acción después del proceso de aprendizaje. Las probabilidades se calculan después de cada episodio utilizando la memoria de transiciones. Como se discutió anteriormente, esto es una manera más transparente de explicar a un usuario final no experto las razones por las cuales un agente favorece acciones específicas de estados específicos. En la 2c, por ejemplo, es claro ver las acciones que conducen a la región aversiva ya que muestran una probabilidad igual a 0. Además, se muestra que incluso las acciones que alejan al agente del estado del objetivo pueden ser exitosas, o que los estados ubicados lejos del objetivo también pueden ser altamente exitosos si se toma la secuencia adecuada de acciones.

Además, la Fig. 2d muestra el número de transiciones necesarias para alcanzar la posición final desde cada estado durante los episodios de aprendizaje. El número de acciones ejecutadas en este caso no es mayor a 5 para todos los estados durante el aprendizaje, que es el camino más corto posible desde el estado más alejado.

En este contexto, una posible pregunta para el agente artificial es: ¿Por qué elegiste la acción desplazarse a la derecha en el estado 0? Intentar explicar esto en términos de valores Q significa mostrarle al usuario final la siguiente información:



(a) Q-values.

(b) Softmax values.

(c) Probability of success.

(d) Number of transitions.

Figura 2

Resultados obtenidos en la grilla sin límites. (a) Valores Q. Se puede ver que el agente no favorece acciones que lo alejan del estado objetivo, es decir, moverse hacia arriba o hacia la izquierda. Además, los valores Q muestran simetría considerando las posibles rutas hacia el estado objetivo. (b) Probabilidad de elegir una acción. Si bien los valores softmax muestran que el agente puede seleccionar cualquier ruta hacia el estado objetivo con probabilidad similar, no proporcionan suficiente información con lenguaje perteneciente al dominio. (c) Probabilidad de éxito considerando pares estado-acción. Las acciones que conducen a la región aversiva tienen una probabilidad de éxito igual a 0. Además, las acciones más alejadas del estado del objetivo o las acciones que alejan al agente del objetivo también pueden tener éxito si se toma la secuencia correcta a partir de ahí. (d) Evolución del número de transiciones para alcanzar el estado objetivo. Después del entrenamiento, el agente aprende el camino más corto hacia la meta. En este escenario, hay como máximo cinco transiciones necesarias ya que el estado más alejado se encuentra a esa distancia.

- → Q (s = 0, a = abajo) = -0.18061778,
- → Q (s = 0, a = arriba) = -0.99816993,
- → Q (s = 0, a = derecha) = -0.41132827,
- → Q (s = 0, a = izquierda) = -0.99830604,

lo cual no tiene sentido para un usuario no experto. Sin embargo, si usamos la probabilidad de éxito, podemos decir que:

- → Ps(s = 0, a = abajo) = 0.73613932,
- → Ps(s = 0, a = arriba) = 0,
- → Ps(s = 0, a = derecha) = 0.65609104,
- → Ps(s = 0, a = izquierda) = 0.

En otras palabras, le estamos diciendo al usuario final que elegir acciones hacia abajo o hacia la derecha tiene 73.61% y 65.61% de probabilidad de terminar en el estado objetivo, y por lo tanto, aunque elegir abajo tiene una mayor probabilidad de éxito, no hay mucho diferencia entre ellos. Además, Ps muestra claramente que elegir acciones hacia arriba o hacia la izquierda desde el estado 0 conlleva con una probabilidad de éxito igual a cero ya que el agente entra en la región aversiva.

Grilla limitada

Como se mencionó anteriormente, la grilla limitada es un escenario siempre exitoso ya que el agente no puede salir del entorno hacia la región aversiva y, por lo tanto, finalmente siempre alcanzará el estado objetivo. La figura 3 muestra los valores Q obtenidos, la probabilidad de elegir una acción y el número de acciones para el estado final.

En la Fig. 3a, los valores Q obtenidos presentan una distribución similar a la del caso anterior sin límite, es decir, las acciones que desplazan al agente hacia arriba y hacia la izquierda tienen valores más bajos en comparación con abajo y a la derecha que acercan al agente a la posición objetivo.

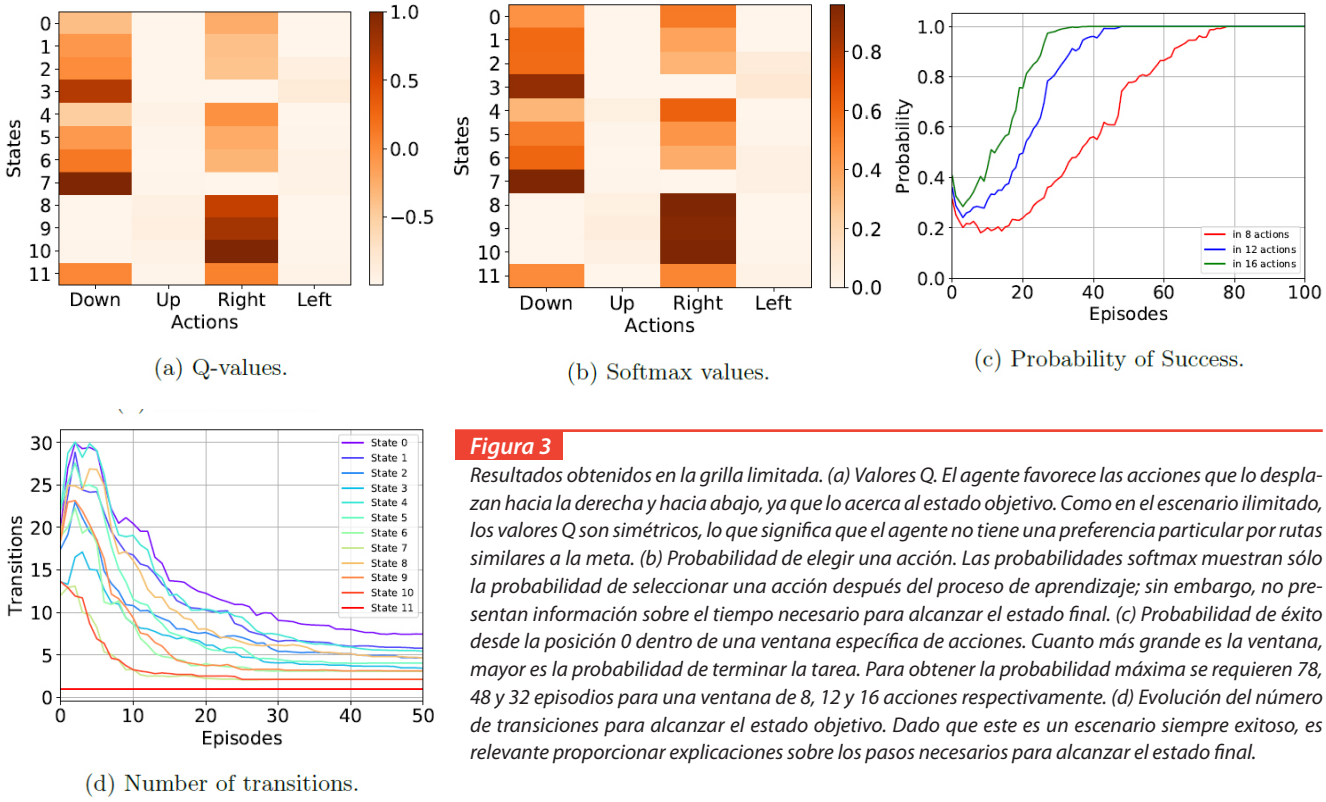
En este caso, la probabilidad de elegir una acción también está relacionada con los valores Q, como se muestra en la Fig. 3b. Sin embargo, esta probabilidad no proporciona suficiente información para comprender y explicar la decisión de selección de acción del agente, especialmente teniendo en cuenta que, en este caso, el agente nunca falla la tarea. Por lo tanto, en este escenario, es importante calcular el número de transiciones necesaria para alcanzar el objetivo y la probabilidad de éxito dentro de una ventana de tiempo. Así, un agente puede responder más claramente a las preguntas de por qué se prefiere una acción particular sobre otras, a partir de un estado específico, refiriéndose a la cantidad de pasos necesarios para alcanzar el estado final.

Fig. 3c muestra la evolución de la probabilidad de éxito durante los episodios de aprendizaje con el agente que comenzando en la posición 0. Se consideran tres ventanas de tiempo diferentes como ejemplos, es decir, la probabilidad de alcanzar la meta en 8, 12 y 16 acciones. En la Fig. 3d se muestra el número de transiciones a partir de cada estado para alcanzar el estado final. El agente puede usar esta información para responder si una acción tomada conlleva a otro estado, desde donde es más rápido alcanzar el estado final.

En este problema, una posible pregunta para el agente podría ser: ¿Cuál es la probabilidad de terminar la tarea en 8 movimientos a partir del estado 0? Una vez más, si queremos responder esta pregunta al usuario final en términos de los valores Q, deberíamos mostrar lo siguiente:

- → Q (s = 0, a = abajo) = -0.36809672,
- → Q (s = 0, a = arriba) = -0.99281156,
- → Q (s = 0, a = derecha) = -0.24326064,
- → Q (s = 0, a = izquierda) = -0.99446782,

que no tiene ningún significado para un usuario final no experto en el área. Sin embargo, si nos referimos a la gráfica 3c, podemos observar claramente la probabilidad de terminar la tarea en 8 movimientos a partir del estado 0.



(a) Q-values.

(b) Softmax values.

(c) Probability of Success.

(d) Number of transitions.

Figura 3

Resultados obtenidos en la grilla limitada. (a) Valores Q. El agente favorece las acciones que lo desplazan hacia la derecha y hacia abajo, ya que lo acerca al estado objetivo. Como en el escenario ilimitado, los valores Q son simétricos, lo que significa que el agente no tiene una preferencia particular por rutas similares a la meta. (b) Probabilidad de elegir una acción. Las probabilidades softmax muestran sólo la probabilidad de seleccionar una acción después del proceso de aprendizaje; sin embargo, no presentan información sobre el tiempo necesario para alcanzar el estado final. (c) Probabilidad de éxito desde la posición 0 dentro de una ventana específica de acciones. Cuanto más grande es la ventana, mayor es la probabilidad de terminar la tarea. Para obtener la probabilidad máxima se requieren 78, 48 y 32 episodios para una ventana de 8, 12 y 16 acciones respectivamente. (d) Evolución del número de transiciones para alcanzar el estado objetivo. Dado que este es un escenario siempre exitoso, es relevante proporcionar explicaciones sobre los pasos necesarios para alcanzar el estado final.

Conclusiones

En este trabajo, hemos presentado un enfoque MXRL con el objetivo de que un agente pueda explicar a usuarios finales no expertos las razones por las que toma sus decisiones en determinadas situaciones. Con este fin, utilizando una memoria de transiciones, hemos calculado la probabilidad de éxito y el número de pasos para hasta estado objetivo, lo que permite proporcionar explicaciones utilizando un lenguaje relacionado al dominio. Nuestros experimentos se han realizado en un escenario con dos variaciones, una grilla ilimitada y otra acotada. Los resultados obtenidos muestran que el agente, utilizando la memoria de transiciones, puede encontrar explicaciones claras para los usuarios finales sin conocimientos previos de técnicas de aprendizaje automático.

Las explicaciones que se muestran en este trabajo son ejemplos de posibles respuestas obtenidas a partir de la probabilidad resultante de éxito y el número de transiciones hacia el estado final. Por supuesto, generar automáticamente una explicación es una alternativa plausible. Sin embargo, esto sigue siendo un problema importante aún no resuelto, ya que todavía no está completamente establecido qué constituye una buena explicación. A menudo, se argumenta que un sistema explicable no debe centrarse en explicar situaciones evidentes. Sin embargo, para diferentes usuarios finales, diferentes situaciones parecen ser evidentes o no, y pueden requerir más explicaciones en algunos casos. Por lo tanto, encontrar una buena métrica para explicar diversas situaciones también es un problema importante sin resolver todavía.

Actualmente, nuestro método presenta algunas limitaciones como el uso de memoria en grandes espacios de solución. Además, hasta este punto en este trabajo, solo hemos considerado una tarea episódica discreta. En este sentido, los resultados obtenidos motivan el trabajo futuro en varias direcciones posibles. Por ejemplo, estamos planeando extender nuestro enfoque para calcular la probabilidad de éxito y el número de transiciones a la meta mediante el uso de otro método más general, por ejemplo, a través de un aproximador de funciones, métodos bayesianos o relaciones fenomenológicas a partir de los valores Q. Mediante el uso de un método de estimación más general, nuestro enfoque podría ampliarse a escenarios más complejos como problemas sin estado final, es decir, que necesitan operar continuamente, o problemas con representaciones de estado-acción continuas. Otra alternativa interesante para una extensión es la verbalización, es decir, que la generación de explicaciones puede ser aprendida por el agente inteligente por medio de interacción con el usuario final. Además, esto permitiría personalizar las explicaciones según las características de cada usuario.

Bibliografía

[1] Sutton, R.S., Barto, A.G.: Reinforcement Learning: An Introduction. Cambridge, MA, USA: Bradford Book (1998).

[2] Cruz, F., Magg, S., Nagai, Y., Wermter, S.: Improving interactive reinforcement learning: What makes a good teacher? Connection Science 30(3), 306-325 (2018).

[3] Gunning, D.: Explainable artificial intelligence (XAI). • Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), nd Web (2017).

[4] Miller, T.: Explanation in artificial intelligence: Insights from the social sciences. Artificial Intelligence 267, 1-38 (2018).

[5] Adadi, A., Berrada, M.: Peeking inside the black-box: A survey on explainable artificial intelligence (XAI). IEEE Access 6, 52138-52160 (2018).

[6] Langley, P., Meadows, B., Sridharan, M., Choi, D.: Explainable agency for intelligent autonomous systems. In: Twenty-Ninth IAAI Conference. pp. 4762-4763 (2017).

[7] Madumal, P., Miller, T., Sonenberg, L., Vetere, F.: Explainable reinforcement learning through a causal lens. arXiv preprint arXiv:1905.10958 (2019).

Culmina congreso de Física Teórica 'Gravity at Ucen 2019'

Por 5 días se extendió el encuentro entre investigadores locales e internacionales, expertos en temas relativos a física teórica y cosmología.

Entre los días 01 y 05 de abril, se desarrolló en los espacios de la Universidad Central, el congreso denominado 'Gravity at Ucen 2019', evento que reunió a más de 90 especialistas del campo de la física teórica, el cual fue organizado por la Dirección de Investigación y la Dirección de Comunicaciones Corporativas, bajo la coordinación del Dr. Adolfo Cisterna, quien además estuvo a cargo de la conducción del programa de conferencias.

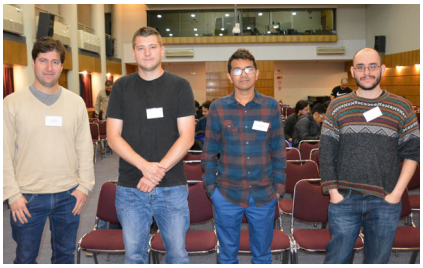
En 2017 se desarrolló el primer encuentro titulado 'Black Hole and Cosmology' que marcó un hito institucional como el primer congreso de su tipo y temática organizado por la U. Central, el cual de hecho, buscó posicionar esta casa de estudios en el ranking de universidades que desarrollan congresos en el área de física teórica, particularmente en gravitación, según relató Cisterna en aquella oportunidad.

Ahora en 2019, se trata de la segunda versión que nuevamente reúne a destacados exponentes nacionales e internacionales, expertos en temas relativos a física teórica y cosmología, quienes durante la instancia compartieron los avances más recientes conseguidos en sus investigaciones respecto a agujeros negros.

En la primera jornada se llevó a cabo la ceremonia de bienvenida, acto que fue presidido por el rector Santiago González, quien en el contexto de este congreso manifestó que "los estudios en física teórica que se han hecho en los últimos 100 años, han impactado fuertemente en el desarrollo de la tecnología y el mejoramiento de la calidad de vida del ser humano, sin embargo, quedan muchas incógnitas, mucho por descubrir y mucho por investigar, por eso me alegra mucho que hayan elegido nuestra universidad para reunirse, pensar y compartir sobre sus investigaciones".

Por su parte, Christian Nicolai, decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura se refirió al concepto de arquitectura del cosmos y en ese sentido, destacó la relevancia de la divulgación de estos temas para "poder entender los elementos claves de este desarrollo sostenible del universo y lo frágil que puede ser el termino de la vida. Las condiciones que se han ido dando en la evolución del universo, desde el big-bang hasta lo que tenemos hoy día es lo que ha permitido la vida, por lo cual es importante entender estos equilibrios" indicó.

El programa de actividades contempló diversas charlas de parte de reconocidos exponentes en este campo, provenientes de universidades y centros de investigación de distintos lugares del mundo. Algunos de ellos fueron: Sourya Ray, Nicolás Grandi, Andrés Goya, Sumeet Chougle, Yolbeiker Rodríguez, Paula Quezada, Darío López, Pablo Bueno, Javier Moreno, Aníbal Fernández, Olaf Blaake, Giorgios Anastasiou, Kostas Pallikaris, Benjamin Koch, entre otros.



Tal como ocurrió en la versión 2017, el Dr. Jorge Zanelli del Centro de Estudios Científicos de Valdivia (CECs), participó como conferencista, esta vez con su ponencia titulada 'Parallelizable Pseudo-spheres'. Además, el investigador declaró que estas instancias son esenciales porque permiten el ejercicio de ser una comunidad científica crítica, con la capacidad de contrastar las ideas con lo que otros piensan: "la ciencia es un trabajo colectivo, no es un asunto de sabios solitarios. Si bien existen genios, incluso ellos necesitan la crítica y la visión de la comunidad -científica-. Defender las ideas ante otros no sólo evita caer en errores, sino que obliga a reforzar los argumentos para validar los trabajos propios, por eso me alegra mucho que la U. Central esté apoyando esta iniciativa" explicó Zanelli.

El ciclo de conferencias estuvo dirigido a estudiantes de postgrado y público especializado en física teórica quienes pudieron evidenciar de parte de sus pares lo que está ocurriendo y hacia donde se dirigen los estudios teóricos, que buscan interpretar lo que ocurre en determinados segmentos del universo.

POTENCIALES EFECTOS DE LA **INGESTA DE FIBRAS SOLUBLES**: ESTUDIO IN VITRO

Natalia Vera C.
Magister en Ciencias de los alimentos.

Loreto Muñoz H.
Doctora en Ciencias e Ingeniería de los alimentos

Algunas fibras dietarias, especialmente las solubles, han recibido especial atención debido a su capacidad para modificar las propiedades físicas de la digesta y a su estrecha relación con efectos fisiológicos positivos. Es así como el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la digestión sobre la viscosidad aparente y el grado de fragmentación y/o agregación de diferentes fibras solubles (goma guar, goma xanthan, pectina de alto metoxilo y mucílago de semillas de chia), empleando un sistema de digestión in vitro.

Introducción

Debido al alarmante aumento de personas que padecen enfermedades crónicas no transmisibles asociadas a una mal nutrición, es que tanto la industria alimentaria como investigadores se han enfocado en gran medida en desarrollar y potenciar ingredientes que contribuyan a prevenir y/o mitigar este tipo de enfermedades [1]. Bajo este contexto, es que ingredientes como la fibra dietaria han aumentado su consumo, al ser incorporados en diversos alimentos no sólo por sus propiedades tecnológicas, sino que también por sus efectos beneficiosos como prolongar la sensación de saciedad en el tiempo, disminuir la glucosa en sangre, disminuir el colesterol sanguíneo, producción de ácidos grasos de cadena corta con propiedades anticancerígenas producto de su fermentación en el intestino grueso, entre otras [2-4]. De acuerdo con diversos autores, los efectos positivos producidos por las fibras solubles (FDS) como las gomas, mucílago de chia y pectina, están estrechamente relacionados con su importante rol a nivel gastrointestinal y su capacidad para aumentar la viscosidad de la digesta; puesto que, este comportamiento tiende a generar un aumento del tiempo de tránsito intestinal produciendo un retraso en el vaciado gástrico afectando por tanto la sensación de saciedad y plenitud; por otro lado, también induce a minimizar la difusión de nutrientes como la glucosa, través de la membrana intestinal, ayudando a prevenir enfermedades como la diabetes tipo 2; o bien, induce a reducir los niveles de colesterol asociados a una mejora en la salud cardiovascular, reducción de la presión arterial, mejora de la salud del colon, entre otros [5-7].

Los efectos fisiológicos de las fibras solubles, si bien es consecuencia de su comportamiento a nivel gastrointestinal, este a su vez depende principalmente de sus propiedades fisicoquímicas como son: la capacidad de retención de agua y aceite, capacidad de absorción y adsorción de agua, y su solubilidad [8].

El propósito de esta investigación fue primero evaluar comparativamente las propiedades fisicoquímicas de cuatro fibras solubles estructuralmente diferentes: pectina, que presenta una cadena lineal compuesta por unidades de ácido α-(1-4)-D-galacturónico; goma guar, con una cadena principal constituida por unidades de β-(1-4)-D-manosa y residuos de α-(1-6)-D-galactosa; goma xanthan, con una cadena principal de β-(1-4)-glucosa con cadenas laterales trisacáridas constituidas por unidades de D-manosa, D-glucosa y ácido D-galacturónico; y mucílago de semilla de chia con una estructura tentativa de tetrapolisacárido compuesta por dos residuos de de β-D-xylopiranosilo, un residuo de α-D-glucopiranosilo y una rama lateral compuesta por un residuo de ácido 4-O-metil-α-D-glucopiranosiluronico. Para luego comparar las propiedades reológicas y grado de fragmentación/agregación de cada fibra durante un proceso de digestión in vitro.

2. Materiales y métodos

2.1 Materiales

La pectina de alto metoxilo (HM) de manzana, la goma xanthan de Xanthomonas y la goma guar se compraron en Sigma-Aldrich. El mucilago de chia se obtuvo a partir de semillas de chia proporcionadas por Benexia (Functional Products Trending S.A.), empleando la metodología propuesta por Muñoz, Cobos [9].

2.2 Propiedades fisicoquímicas

2.1.1 Capacidad de adsorción de agua (WAdC)

Esta propiedad se obtuvo por diferencia de peso bajo un ambiente con humedad relativa constante de acuerdo con la metodología de Segura-Campos, Ciau-Solís [10].

Fibras solubles	Concentración (% p/p)		
	Baja	Media	Alta
Pectina HM	1	2	4
Goma guar	1	2	4
Goma xanthan	0,3	0,5	1
Mucílago de chia	0,3	0,5	1

Tabla 1

Concentración baja, media y alta para cada dispersión de fibra soluble.

2.1.2 Capacidad de absorción de agua (WAbC)

Esta propiedad se obtuvo por diferencia de peso luego de alcanzar la máxima saturación de las muestras de acuerdo con el método AACC 88-04.

2.1.3 Capacidad de retención de agua y aceite (WHC/OHC)

Estas propiedades se determinaron por diferencia de peso luego de que las muestras alcanzaran su máxima hidratación de acuerdo con el método de Timilsena, Adhikari [11].

2.1.4 Solubilidad

Se determinó en función de diferentes temperaturas (30, 60, 70 y 80°C), siguiendo la metodología de Cortés-Camargo, Gallardo-Rivera [12].

2.3 Preparación de las dispersiones

Se prepararon dispersiones de cada una de las fibras en concentraciones denominadas como baja, media y alta (%p/p), como se muestra en la Tabla 1.

2.4 Procedimiento de digestión in vitro

El proceso de digestión gastrointestinal in vitro de las fibras se llevó a cabo de acuerdo con la metodología descrita por Minekus, Alminger [13], como se muestra en la Figura 1. Dicho método contempla la fase oral, gástrica e intestinal; simulando sus condiciones de acuerdo con los parámetros in vivo.

2.5 Análisis de comportamiento reológico

El comportamiento reológico fue determinado en cada fase digestiva, midiendo la viscosidad aparente de cada fibra con un reómetro, de acuerdo con la metodología descrita por Alpizar-Reyes, Roman-Guerrero [14].

2.6 Determinación del grado de fragmentación/agregación

El tamaño de partículas de cada fibra fue medido en cada fase digestiva, utilizando un analizador de partículas por difracción láser.

2.7 Análisis estadístico

Las resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente utilizando el programa Statgraphics Centurion XV.I. Todos los análisis se realizaron en triplicado, a excepción de la determinación del grado de fragmentación/agregación que se hizo en sextuplicado; y los datos expresados como el promedio ± desviación estándar.

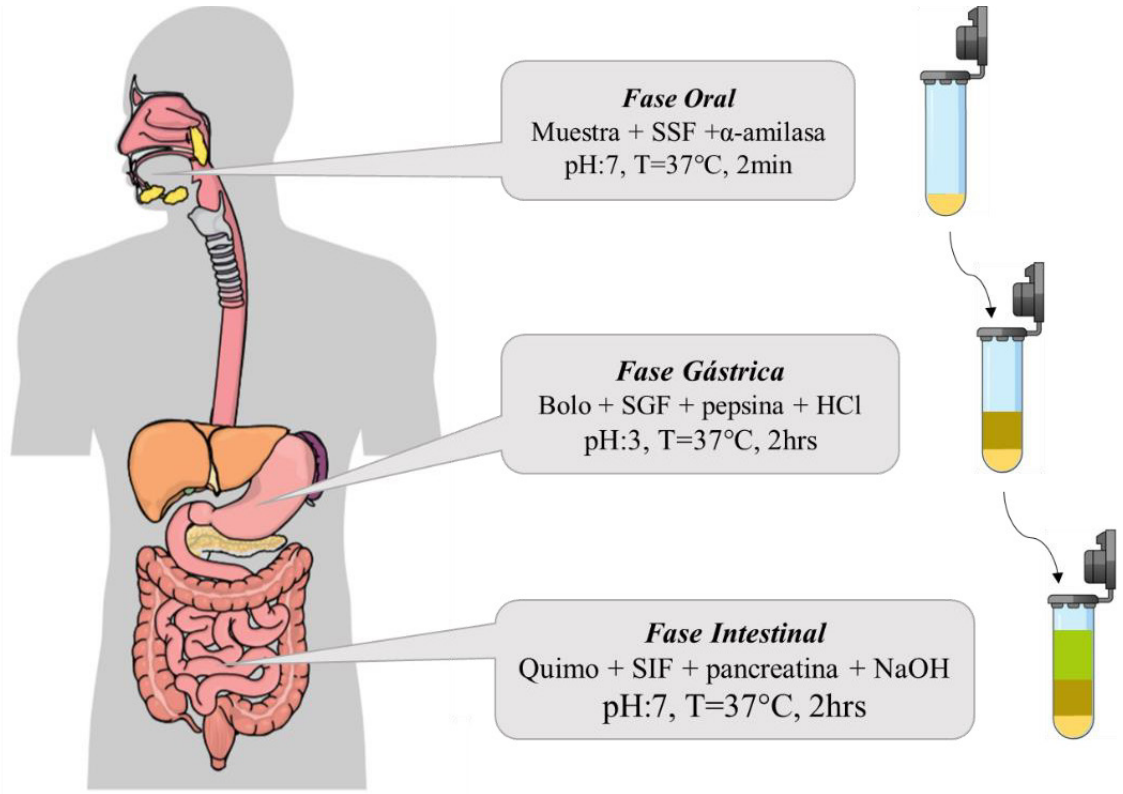


Figura 1

Diagrama del procedimiento de digestión in vitro gastrointestinal empleado.

3. Resultados

3.1 Capacidad de adsorción de agua (WAdC)

Esta propiedad permite predecir el intercambio de humedad entre los materiales alimenticios y su entorno, lo que también se conoce como higroscopicidad de los materiales.

De acuerdo con la tabla 2, donde se pueden observar las propiedades fisicoquímicas de las fibras estudiadas; la goma xanthan fue la que presentó un valor superior de WAdC, seguida por la goma guar, la pectina HM y por último con un valor significativamente menor la mucílago. Por lo tanto, la goma xanthan tendría una mayor capacidad para adsorber agua espontáneamente al exponerse a una atmósfera de humedad relativa constante en comparación con las demás fibras, producto de la composición de su cadena que le otorga una mayor polaridad, por ende, una mayor afinidad por el agua.

3.2 Capacidad de absorción de agua (WAbC)

La capacidad de absorción de agua es una propiedad fundamental en la textura de los alimento, la cual depende tanto de la cantidad como de la naturaleza de los sitios disponibles para unirse a las moléculas de agua. De acuerdo con esto, el comportamiento de las fibras con los valores más altos de WAbC, como es el caso de la goma xanthan, guar y mucílago de chia (Tabla 2), se deberían principalmente a la presencia de estructuras ramificadas, mientras que el factor decisivo para la ligera variación entre ellas sería producto de las diferentes estructuras helicoidales y lineales propias de cada fibra [15]. Por otro lado, el significativamente inferior valor de WAbC de la pectina HM, se debería a su estructura lineal y a su menor cantidad de sitios afines al agua[16].

3.3 Capacidad de retención de agua y aceite (WHC/OHC)

Esta propiedad tiene relación con la capacidad de las fibras para permitir la oclusión del agua o aceite dentro de su estructura, lo que depende principalmente de los grupos funcionales de las fracciones de polisacáridos hidrofílicos y de las fracciones de proteína presente en las fibras [8]. Por otro lado, un elevado WHC se ha asociado con un aumento de volumen, lo que produciría un aumento en el contenido intestinal al ingerir FDS evitando el estreñimiento [6]. Ahora bien, en cuanto a los valores de WHC en la Tabla 2, se puede observar claramente que la goma xanthan, guar y mucílago de chia fueron los que presentaron los valores más altos en comparación con la pectina HM; por ende, las tres primeras fibras mencionadas podrían tener una mayor incidencia en el tránsito intestinal en comparación con la pectina HM.

Por otro lado, de los resultado obtenidos para OHC, el mucílago fue quien presentó un valor significativamente mayor en comparación con las demás fibras, seguido por la pectina HM, goma xanthan y goma guar. Estos resultados se podrían deber a la ausencia de proteína en su estructura y a la cantidad de grupos hidrofílicos, proporcionando sitios donde es posible retener el aceite en las últimas tres fibras mencionadas [12].

3.4 Solubilidad

La solubilidad es una propiedad que permite predecir la posible funcionalidad de la fibras, mediante la determinación de su capacidad para disolverse parcial o totalmente en agua [17]. Como se muestra en la Figura 2, la solubilidad fue determinada en función de distintas temperaturas, donde se puede observar que la solubilidad del mucílago y la goma xanthan dependieron significativamente de la temperatura; aumentando conforme aumenta la temperatura alcanzando la máxima solubilidad a los 70°C, esto podría deberse a la descomposición de los enlaces de H de las fibras, exponiendo una mayor cantidad de grupos OH al agua aumentando su solubilidad a mayores temperaturas. Sin embargo, al sobrepasar los 70°C, la solubilidad disminuyó drásticamente probablemente por el efecto gelificante asociado a algunos polisacáridos a dicha temperatura [18, 19].

Por otro lado, la pectina HM y la goma guar no mostraron una dependencia significativa; donde la pectina presentó la mayor solubilidad independiente de la temperatura, comportamiento

FDS	WAbC* g H2O/g muestra	WHC* g H2O/g muestra	OHC* g aceite/g muestra	WAdC * g H2O/g muestra
Pectina HM	1,51 ± 0, 29 a	0,31 ± 0,1 a	2,51 ± 0,06 b	0,42 ± 0,01 a
Goma Xanthan	50,25 ± 0,42 b	39,65 ± 0,1 c	1,76 ± 0,08 a	0,65 ± 0,02 b
Goma Guar	50,19 ± 0,46 b	39,84 ± 0,2 c	1,73 ± 0,05 a	0,48 ± 0,01 c
Mucilago	50,12 ± 0,54 b	33,62 ± 0,6 b	9,06 ± 0,36 c	0,41 ± 0,01 a

(*) WAdC: Capacidad de adsorción de agua; WAbC: Capacidad de absorción de agua; WHC/OHC: Capacidad de retención de agua/aceite. Las letras diferentes indican diferencias significativas (p<0.05) de acuerdo con el test de Tukey.

Tabla 2

Propiedades fisicoquímicas de las FDS seleccionadas.

que podría explicarse con su alto grado de esterificación y su carga negativa en solución de pH neutro, realzando su naturaleza polielectrolito. La goma guar por su parte, al ser una fibra con una cantidad de grupos OH intermedia su solubilidad también se presenta con valores intermedios al compararla con las demás fibras [20].

3.5 Análisis del comportamiento reológico

Del análisis del comportamiento reológico se obtuvo la viscosidad aparente y el comportamiento de flujo de las diferente fibras solubles durante el proceso de digestión in vitro en concentraciones baja, media y alta a 37°C (simulando la temperatura corporal), presentándose de manera gráfica en la Figura 3.

En términos generales, de acuerdo con la Figura 3, se puede observar que todas dispersiones mostraron un comportamiento de flujo similar en las diferentes concentraciones y etapa de digestión evaluadas, exhibiendo un comportamiento no newtoniano; donde, la viscosidad aparente disminuyó conforme la velocidad de corte fue aumentando, fenómeno que también se conoce como pseudoplasticidad o comportamiento de adelgazamiento por cizalla [21].

Como era de esperarse, la viscosidad de las FDS sin digestión (Figura 3a, b y c) en concentraciones baja, media y alta mostraron una relación directamente proporcional con la concentración. Donde, la goma guar fue quien presento una viscosidad significativamente mayor en todas las concentraciones, seguida por la goma xanthan, mucílago de chia y en último lugar se la pectina HM, quien exhibió una viscosidad significativamente inferior a las demás fibras.

Durante la digestión de las diferentes fibras, el comportamiento pseudoplástico se mantuvo y dependió de la concentración; mientras que la viscosidad aparente de las fibras disminuyó desde la fase oral a la intestinal, debido al aumento de volumen producido por la incorporación de fluidos digestivos propios de cada fase digestiva [22]. Específicamente, a nivel oral la tendencia de las fibras de mayor a menor viscosidad se mantuvo; sin embargo, se observó una disminución importante en la viscosidad de la goma guar, lo que podría ser causado por un ruptura en la estructura de la fibra por efecto de las variaciones de pH, disminución que se observó aumentaba conforme se avanzaba en la simulación digestiva. Por otro lado, la goma xanthan si bien se vio afectada su viscosidad por cambios en el pH, su disminución de viscosidad fue poco significativa en comparación a la goma guar. El mucílago de chia por su parte, presentó una mayor retención de la viscosidad, presentado modificaciones poco significativas a lo largo de la digestión; esta capacidad se ha relacionado con una mejor respuesta fisiológica aumentando el contenido intestinal, disminuyendo la difusión de nutrientes y la respuesta glicémica, entre otros [8]. Por último, la pectina HM, pese a que fue la que presentó inicialmente una menor viscosidad previa digestión y en al fase oral, su viscosidad aumento durante la fase gástrica e intestinal, incluso bajo el efecto dilución causado por la adición de fluidos digestivos; esto sugiere, que variaciones en el pH tenderían a disminuir la repulsión electrostática intermolecular, promoviendo la agrupación de cadenas de pectina, por ende, conduciría a una agregación molecular.

En general, los resultados observados, sugieren que todas las fibras estudiadas proporcionan viscosidad a nivel gastrointestinal; lo que a su vez depende de la concentración y fase digestiva. Puesto que, muchos efectos positivos consecuencia de la ingesta de fibra soluble se han relacionado con su viscosidad, es posible mencionar que el mucílago de chia, la goma xanthan y la pectina HM podrían mejorar la funcionalidad de los alimentos y su digestión.

3.6 Determinación del grado de fragmentación/agregación

La determinación del grado de fragmentación y/o agregación permite predecir como podría ser el comportamiento de las fibras durante su digestión, puesto que durante la digestión humana los alimentos tienden a desintegrarse, reduciendo su tamaño por acción enzimática y física (masticación, movimiento peristálticos) [23]. Como se puede observar en la Figura 4, la goma guar y la goma xanthan presentaron cambios significativos en el tamaño de sus partículas, mientras que la pectina HM presentó ligeras modificaciones; contrario a lo que ocurrió con el mucílago de chia quien prácticamente no modificó su tamaño de partículas durante la digestión, independiente de la fase digestiva y concentración.

4. Conclusiones

El conocimiento de las propiedades fisicoquímicas de las FDS es un herramienta útil para predecir sus potenciales funciones y propiedades estructurales, siendo estos dependientes de la estructura, composición y afinidad por el agua de cada fibra. Por otro lado, existió una directa relación entre los cambios en el

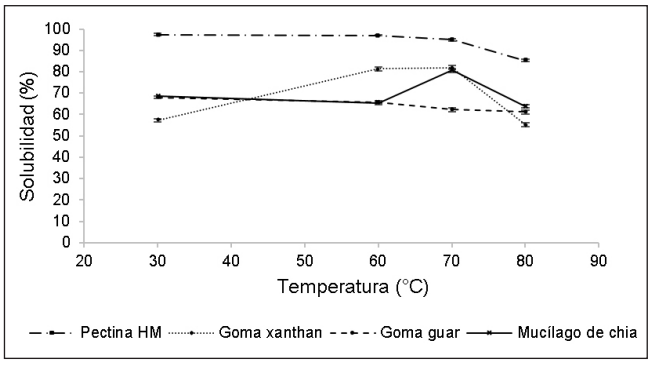


Figura 2

Solubilidad de las FDS (%) en función de la temperatura (°C)

comportamiento reológico y las variaciones en el grado de agregación y/o fragmentación de las FDS. Estos resultados podrían ser atribuidos principalmente al efecto dilución propio del proceso de digestión y a la relación entre las variaciones de pH y la capacidad de estas fibras para mantener, aumentar o disminuir su solubilidad.

Conforme al comportamiento reológico de la goma xanthan, mucílago de chia y pectina HM, se podría sugerir que la inclusión de estas fibras sería de utilidad para modular el proceso digestivo retrasando el vaciado gástrico y mejorando la funcionalidad de los alimentos ingeridos.

Bibliografía

[1]. Hosni, H., D. Periklis, and G. Baourakis, Consumers Attitude Towards Healthy Food: "Organic and Functional Foods". Vol. 2. 2017. 85-99.

[2]. Clark, M.J. and J.L. Slavin, The Effect of Fiber on Satiety and Food Intake: A Systematic Review. Journal of the American College of Nutrition, 2013. 32(3): p. 200-211.

[3]. Anderson, J.W., et al., Health benefits of dietary fiber. Nutrition Reviews, 2009. 67(4): p. 188-205.

[4]. Fabek, H., et al., The effect of in vitro digestive processes on the viscosity of dietary fibres and their influence on glucose diffusion. Food Hydrocolloids, 2014. 35: p. 718-726.

[5]. Brownlee, I.A., The physiological roles of dietary fibre. Food Hydrocolloids, 2011. 25(2): p. 238-250.

[6]. Rana, V., et al., Dietary fibre and human health. International Journal of Food Safety, 2011. 4(Nutrition and Public Health).

[7]. Mackie, A., et al., Increasing dietary oat fibre decreases the permeability of intestinal mucus. Journal of Functional Foods, 2016. 26: p. 418-427.

[8]. Mudgil, D. and S. Barak, Composition, properties and health benefits of indigestible carbohydrate polymers as dietary fiber: a review. Int J Biol Macromol, 2013. 61: p. 1-6.

[9]. Muñoz, L.A., et al., Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration. Journal of Food Engineering, 2012. 108(1): p. 216-224.

[10]. Segura-Campos, M., et al., Chemical and Functional Properties of Chia Seed (Salvia hispanica L.) Gum. International Journal of Food Science, 2014. 2014: p. 1-5.

[11]. Timilsena, Y.P., et al., Molecular and functional characteristics of purified gum from Australian chia seeds. Carbohydrate Polymers, 2016. 136: p. 128-136.

[12]. Cortés-Camargo, S., et al., Exploring the Potential of Mesquite Gum–Nopal Mucilage Mixtures: Physicochemical and Functional Properties. Journal of Food Science, 2018. 83(1): p. 113-121.

[13]. Minekus, M., et al., A standardised static in vitro digestion method suitable for food – an international consensus. Food & Function, 2014. 5(6): p. 1113-1124.

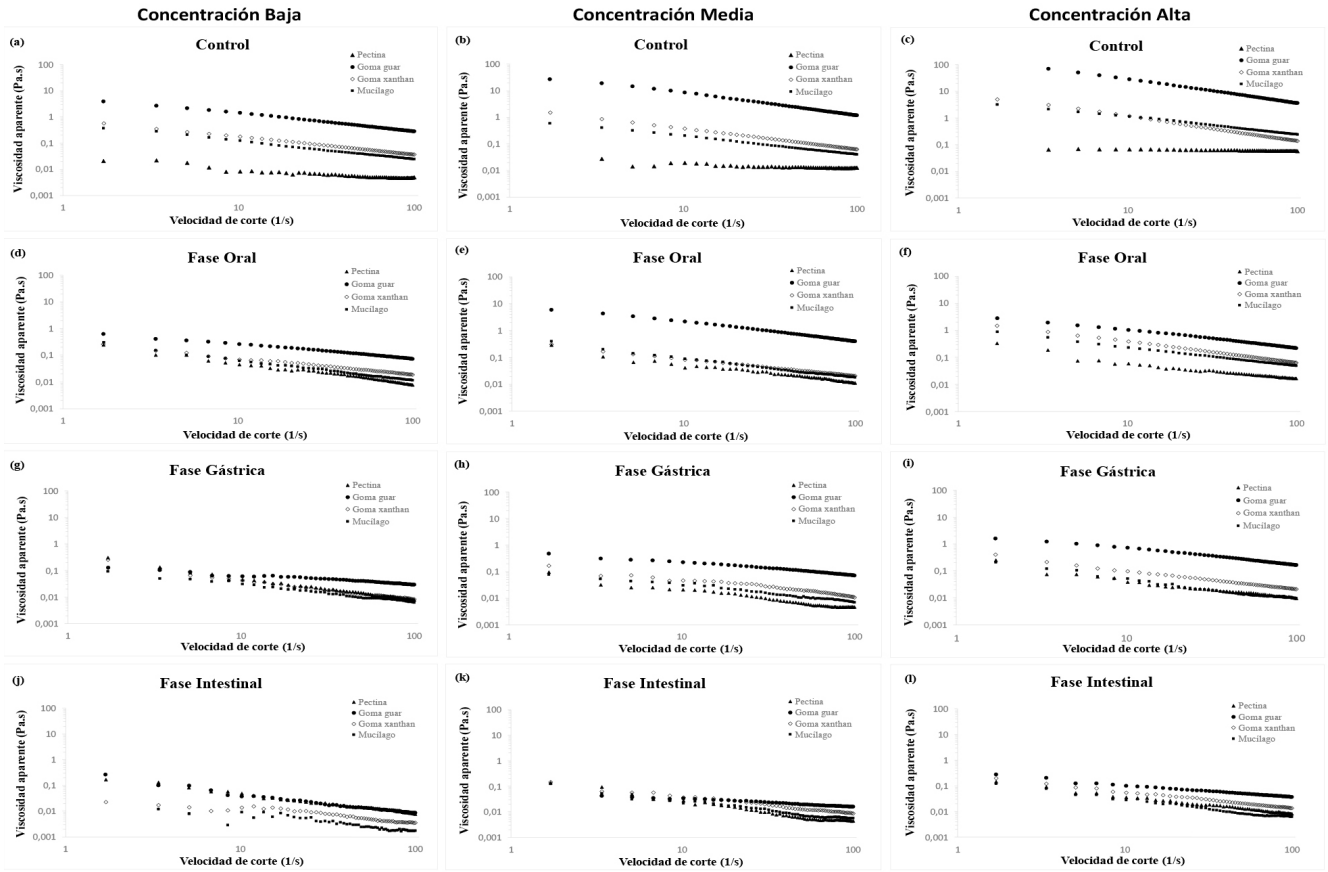


Figura 3

Viscosidad aparente de las FDS durante el proceso de digestión in vitro.

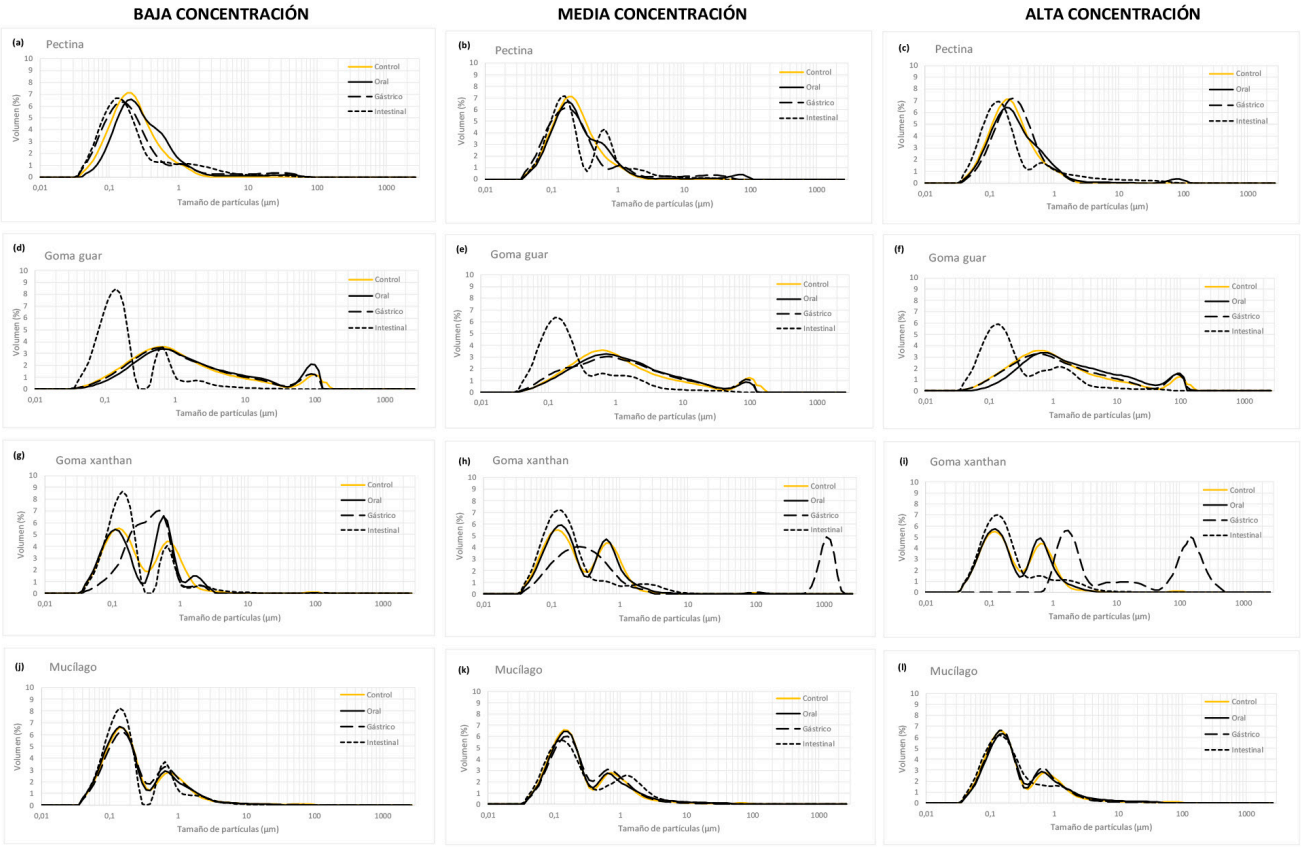


Figura 4

Distribución del tamaño de partículas de las FDS antes y durante la digestión in vitro, como una estimación del grado de fragmentación/agregación.

[14]. Alpizar-Reyes, E., et al., Rheological properties of tamarind (Tamarindus indica L.) seed mucilage obtained by spray-drying as a novel source of hydrocolloid. Int J Biol Macromol, 2018. 107(Pt A): p. 817-824.

[15]. Li, J.-M., G.G. Hou, and Z.X. Chen, Improvement of gums in physicochemical and rheological properties of barley-fortified saltine cracker dough. Cereal research communications, 2016. 44(3): p. pp. 481-489.

[16]. Lopes da Silva, J.A. and M.A. Rao, Xanthan gum: Properties, production conditions, quality and economic perspective, in Food Polysaccharides and Their Applications, A. Stephen, G.O. Phillips, and P.A. Williams, Editors. 2006.

[17]. Guillon, F. and M. Champ, Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. Food Research International, 2000. 33(3): p. 233-245.

[18]. Capitani, M.I., et al., Microstructure, chemical composition and mucilage exudation of chia (Salvia hispanica L.) nutlets from Argentina. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2013. 93(15): p. 3856-3862.

[19]. Sciarini, L.S., et al., Chemical composition and functional properties of Gleditsia triacanthos gum. Food Hydrocolloids, 2009. 23(2): p. 306-313.

[20]. Pollard, M., et al., Investigation of equilibrium solubility of a carob galactomannan. Food Hydrocolloids, 2007. 21(5-6): p. 683-692.

[21]. Gómez-Dıaz, D. and J.M. Navaza, Rheology of aqueous solutions of food additives: Effect of concentration, temperature and blending. Journal of Food Engineering, 2003. 56(4): p. 387-392.

[22]. Tamargo, A., et al., Understanding the impact of chia seed mucilage on human gut microbiota by using the dynamic gastrointestinal model simgi®. Journal of Functional Foods, 2018. 50: p. 104-111.

[23]. Kong, F. and R. Singh, Modes of Disintegration of Solid Foods in Simulated Gastric Environment. Food Biophysics, 2009. 4(3): p. 180-190.

Texto original

Vera C., N., Laguna, L., Zura, L., Puente, L., & Muñoz, L. A. (2019). Evaluation of the physical changes of different soluble fibres produced during an in vitro digestion. Journal of Functional Foods, 62, 103518. doi:https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.10

Estudiantes de postgrado realizaron Seminario de Transformación Digital

Entre ponentes expertos en temas de desarrollo tecnológico y su aplicación en empresas, se desarrolló la instancia organizada por los estudiantes del Magíster en Ingeniería Industrial, Diplomado en Gestión de Proyectos, Diplomado en Gestión de Operaciones y Logística y el Diplomado en Gestión de la Innovación.

Estudiantes, académicos e invitados especiales se congregaron en el Auditorio Carlos Blin Arriagada del campus Vicente Kovacevic II, para conocer las miradas de distintos profesionales acerca del actual uso de las tecnologías exponenciales, en el contexto del 'Seminario de Transformación Digital', actividad organizada por estudiantes de postgrado, acompañados por el académico de curso Enrique Faijo, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

La actividad contó con la asistencia de más de 80 personas, entre estudiantes, docentes y público general. Además, estuvo presente el profesor Aldo Cea, Director del Magíster en Ingeniería Industrial.

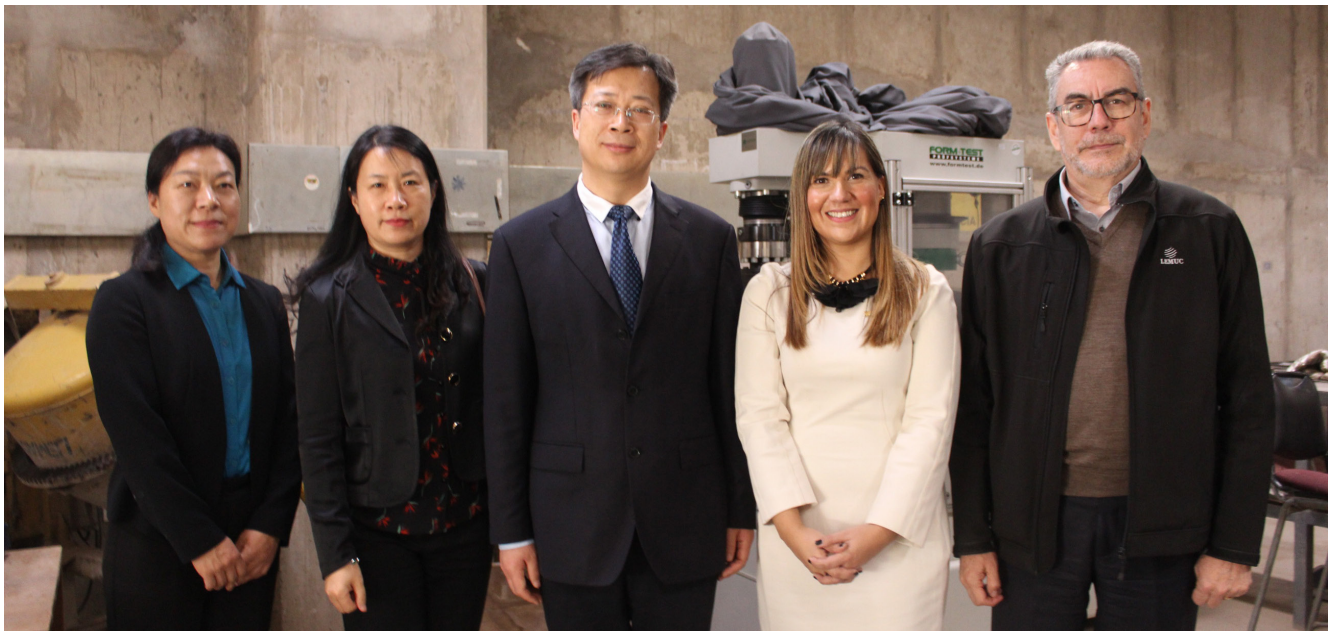
Los exponentes invitados que compartieron su visión profesional respecto a la transformación digital fueron Freek Van Laar, Gerente de empresas Seidor Digital Chile y José Luis Triguero, Gerente Senior de Transformación Digitalen PwC Chile, acompañado de Natalie Weiss, líder del área de Transformación Digital de la misma empresa.

Los representantes de PwC Chile, fueron los primeros en impartir su charla titulada 'Bienvenidos a la era digital', donde abordaron conceptos y experiencias en Chile y el mundo. Triguero comentó que "estamos en la era de la disrupción digital donde la innovación puede cambiar una industria de la noche a la mañana" en ese sentido explicó que la disrupción digital se enmarca en una nueva revolución industrial, "la denominada cuarta revolución industrial". Por su parte, Vaan Laar, en su intervención hizo referencia a la evolución que ha sufrido la tecnología a través del tiempo, donde tomó como línea de referencia la llegada y masificación de internet y los cambios que en las últimas décadas han marcado hitos para diversas industrias a nivel global. Bajo esa perspectiva, aseguró que "los cambios disruptivos obligan a mover a un modelo de innovación continuo del plan de negocios".

por su parte, Carolina Saavedra, alumna de postgrado y miembro del comité organizador, comentó que "se trató de un espacio para para reflexionar sobre las nuevas tecnologías, -ahora llamadas tecnologías exponenciales- y su impacto en el individuo y su trabajo, en las empresas, sus modelos de negocios y en la economía global con el surgimiento de la economía colaborativa".

Autoridades de Changzhou University visitan instalaciones del LEMUC

En el recorrido guiado por los docentes Juan Carlos Villar y Margarita Rebolledo, los visitantes asiáticos pudieron conocer los espacios en los cuales se desarrollan los ensayos de materiales.



En el marco de estrechar lazos de cooperación y la búsqueda de nuevas oportunidades de trabajo conjunto, la Dirección de Relaciones Internacionales (DRI) de la Universidad Central, recibió la visita de una delegación china proveniente de Changzhou University, quienes en su recorrido para conocer el plantel de educación superior, visitaron las instalaciones del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Central (LEMUC), ubicado en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

La delegación visitante estuvo integrada por: XU Shoukun, Vicerrector de la Changzhou University; CHEN Ying, Decana del Instituto de Lenguas y Culturas de Zhou Youguang; ZHAN Yun, Vicedecana del Instituto de la Gestión de Gobierno de Qu Qiubai; PAN Daoguang, Director adjunto de la Oficina de Estudios de Humanidades y Ciencias Sociales; XU Shuo, Subdirector del Centro de Estudios Latinoamericanos del Instituto de Lenguas y Culturas de Zhou Youguang. A todos ellos les acompañó el equipo de Relaciones Internacionales, encabezado por su directora Karen Molina, Roberto Mérida y Carlos Ahumada.

Por su parte, los docentes Juan Carlos Villar y Margarita Rebolledo, gerente general y gerente de operaciones, respectivamente, mostraron los equipos tecnológicos y máquinas con las que se pone en marcha el trabajo del LEMUC; asimismo, explicaron las diferentes labores que se desarrollan tanto desde el punto de vista académico con los estudiantes de pregrado, como desde el área del servicio que prestan a clientes externos.

Además de conocer el laboratorio, el itinerario de actividades incluyó una reunión protocolar con el rector, una reunión de trabajo con investigadores y académicos de distintas facultades, así como actividades con estudiantes chinos y chilenos.

Changzhou University, cuenta con 65 carreras de pregrado, 11 maestrías de primer nivel, 7 maestrías profesionales en Ingeniería, 1 maestría profesional en Artes y 1 programa de doctorado en Ciencias e Ingeniería de Materiales. Tiene un total de 13 mil estudiantes de pregrado y 1200 en postgrados. Posee 3 campus (Wujin, Baiyin y West Taihu Lake). Su foco académico se desarrolla en 3 áreas: ingeniería, ciencias y administración.

REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA

Experiencias de incorporación de tecnología en cursos asociados a la comprensión de proyectos

Jaime Arriagada Araya
Ingeniero en Construcción. Arquitecto. Magister en Construcción.

Alejandro Sanhueza Olave
Ingeniero Civil Informático. Magister en Informática Educativa.

La presente propuesta presenta la implementación de una tecnología que se ha transformado en clave para el desarrollo de la Ingeniería moderna a nivel mundial - la Realidad Virtual Inmersiva - en base a un experiencia desarrollada durante el año 2018, con estudiantes de las carreras de Geología, Ingeniería Civil en Minas, Ingeniería en Construcción, Ingeniería Civil Industrial e Ingeniería Civil en Obras Civiles, actividad que era previamente definida por el equipo de Académicos y conocida por los estudiantes, donde se comparó un proyecto vía planimetrías impresas y en Realidad Virtual Inmersiva, para luego aplicar encuestas.

Se demostró que, en todos los casos, la Realidad Virtual entregó resultados más precisos en la comprensión de un modelo tridimensional, además del reconocimiento del potencial para otras experiencias educativas.

Introducción

El valor de la Realidad Virtual inmersiva tiene relación con situar al participante en escenarios complejos, estableciendo relaciones que no se ven fácilmente con otros métodos, a su vez estos entornos tridimensionales previamente realizados aumentan el compromiso y la motivación, generando un impacto que estimula la actividad cerebral y de recuperación cognitiva.

Esta tecnología se ha utilizado a nivel mundial en diversos campos educativos cuando el tiempo, la accesibilidad, la seguridad y otros aspectos se tornan complejos; es importante denotar que el nivel de interactividad, de inmersión, el dominio de la interfaz y las herramientas de interacción en el entorno deben ser controlados con el fin de mejorar el aprendizaje y disminuir potenciales efectos negativos asociados a desajustes sensoriales que causan sensación de malestar [1]; esta metodología es acorde al nivel tecnológico que los estudiantes de educación tienen y sus expectativas asociadas a la educación superior, la que les debe entregar herramientas alineadas a los requerimientos futuros de la industria; aplicar el conocimiento y la comprensión a un problema complejo, en un entorno tridimensional interactivo, proporciona una herramienta adecuada para dividir un problema principal en varios secundarios y establecer relaciones entre ellos para crear una solución única, realista y práctica [2]; por otra parte se ha demostrado que la habilidad de lectura espacial es posible de medir, a partir de la comparación de una forma geométrica tridimensional en 3 medios: imagen en pantalla, modelo tridimensional físico y visualización mediante Realidad Virtual, donde el uso de pantallas montadas en la cabeza (Head-Mounted Display –HDM) efectivamente influye en la capacidad de visualización espacial [3].

La presente experiencia se realizó en base al proyecto de Innovación educativa adjudicado el año 2018 llamado "Implementación de la Realidad Virtual inmersiva en las carreras de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Chile" que incluyó la adquisición de 2 equipos "Oculus Rift Touch" que permitieron el recorrido de un proyecto habitacional de 119 m2 (Proyecto 1), 252 m2 (Proyecto 2) y 10.948,7 m2 (Proyecto 3), y su contraparte - en forma de planos impresos – en función de reconocer la percepción y comprensión comparativa de ellos.

La experiencia se realiza en cursos donde existen objetivos de aprendizaje relacionados con la comprensión geométrica de un proyecto; el universo de estudiantes inscritos en el curso "Dibujo gráfico computacional" fue de 95, con 68 participantes totales, de los cuales 32 utilizaron los lentes y mandos de Realidad Virtual para recorrer el proyecto; el universo de estudiantes inscritos en el curso "Edificación I" fue de 51, con 46 participantes totales, de los cuales 17 utilizaron los lentes y mandos de Realidad Virtual para recorrer el proyecto.

Desarrollo

El objetivo general de la presente propuesta se centró en determinar los beneficios que tiene la Realidad Virtual Inmersiva en las variables precisión y percepción en los estudiantes; la metodología se enfoca en que las actividades docentes - en cursos de dibujo gráfico en 2 y 3 dimensiones - que combinen gráficos tridimensionales en pantalla, modelo físico y Realidad Virtual, mejoran la habilidad espacial siempre y cuando el elemento a describir tenga un nivel importante de complejidad [3], por lo que el estudio busca también una correlación entre los distintos proyectos indicados previamente.

Esta experiencia se desarrolla, en el primer semestre – con los proyectos 1 y 2 - en las siguientes carreras de la Escuela de Ingeniería que cuentan, al principio de su malla curricular, con el curso "Dibujo gráfico computacional":

- Geología, Ingeniería Civil en Minas, Ingeniería en Construcción, Ingeniería Civil en Obras Civiles e Ingeniería Civil Industrial.

Por otra parte, la experiencia del segundo semestre se vinculó a las carreras:

- Ingeniería en Construcción e Ingeniería Civil en Obras Civiles.

El curso seleccionado, en el primer semestre, capacita al estudiante en la comprensión de geometría tridimensional asociada a su labor profesional futura; uno de los objetivos de aprendizaje, según su programa, corresponde a que "el estudiante integre la Geometría y el Dibujo, en el desarrollo de proyectos de Ingeniería, contribuyendo al logro de las competencias de egreso"; por tanto se aplicó la experiencia en Realidad Virtual en las unidades finales del programa del curso: Dibujo en 3D, elementos en el espacio y cuerpos geométricos.

En el segundo semestre, el curso "Edificación I" aborda la "interpretación, cuantificación y modelación de distintos procesos y técnicas de construcción de edificaciones en fases preliminares y obra gruesa" por lo que debe lograr comprender técnica y geométricamente un proyecto; en este segundo semestre se abordó exclusivamente el proyecto 3.
Finalmente, en ambos casos se definió la aplicación de la actividad durante el último mes de desarrollo del semestre, en función de que el contenido asociado a las unidades haya sido cursado por el estudiante.

Los instrumentos de obtención de información, previamente validados, se configuraron de la siguiente manera:

- Encuesta: 5 preguntas de comprensión del proyecto, donde responden los equipos a partir de la revisión en Realidad Virtual Inmersiva.
- Encuesta: 5 preguntas de comprensión del proyecto, donde responden los equipos a partir de la revisión en planos impresos.
- Entrevista semiestructurada grupal: Que cuenta con 10 preguntas (primer semestre) y 8 preguntas (segundo semestre) de respuestas abiertas a cada uno de los equipos participantes.

Con respecto a los proyectos abordados, el 1 fue desarrollado por integrantes del equipo de trabajo, el 2 viene de ejemplo en el programa "Revit" de la empresa "Audodesk" por tanto de uso público para quienes adquieren el programa y finalmente el 3 fue entregado para este ejercicio Académico por la empresa "Sacyr Chile S.A."; los 3 proyectos son de uso habitacional, los 2 primeros de 2 pisos y el tercero de 7 pisos.

Estos proyectos se exportaron al programa "Unity" de la empresa "Unity Technologies", motor gratuito de creación de juegos de video, en donde se configura la interacción con el sistema Oculus Rift Touch para, finalmente, generar un archivo que se ejecuta en los equipos computacionales con características técnicas acordes a los requerimientos de la Realidad Virtual; además se trabajó con una aplicación llamada "Revizto" de la desarrolladora "Vizerra" quienes donaron una licencia educativa por 180 días.

Es importante señalar que, si bien 2 integrantes del grupo tendrán interacción mediante el equipo de Realidad Virtual, todo el equipo puede ver y colaborar con el usuario del lente, esto con el fin de potenciar el trabajo en equipo en función del tiempo limitado para la actividad; si el usuario del lente sentía malestares o mareos, podía de forma inmediata terminar con el proceso y ceder dicha actividad a otro compañero. Debido a la diferencia en materialidad, sistemas constructivos, configuración y superficie de los proyectos abordados, cada equipo tiene experiencias cruzadas en su experiencia, donde el equipo que recorre el proyecto 1 en Realidad Virtual, deberá revisar el proyecto 2 en planimetrías de manera análoga.

En esta primera experiencia exploratoria, los estudiantes tenían conocimiento previo a partir de un documento llamado "Actividad del proyecto Implementación de la Realidad Virtual inmersiva en las carreras de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Chile", disponible a través de la plataforma "Aula Virtual" y que contiene:

Figura 1

Casos de estudio abordados 1, 2 y 3 respectivamente

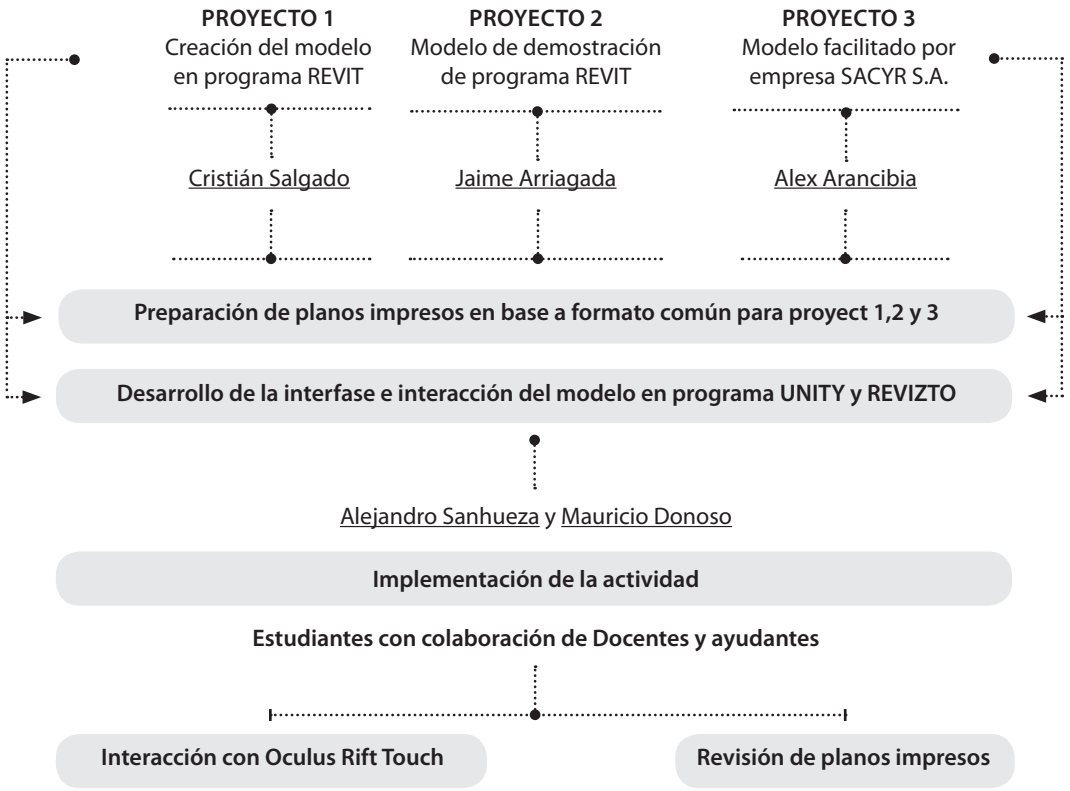


Figura 2

Procedimiento para la generación de los modelos análogos y digitales.

Figura 3

Registro de la actividad en Realidad Virtual

- Introducción y metodología del proyecto.
- Explicación general de la actividad.
- Ficha 1: Instrumento de reconocimiento del proyecto:
- Antecedentes generales de los integrantes.
- Encuesta sobre comprensión del proyecto.
- Ficha 2: Instrumento de percepción general:
- Entrevista semi estructurada grupal.

Esto se realizó en varias sesiones con fechas y horas conocidas por los estudiantes para los cursos participantes, utilizando los siguientes elementos:

- 2 lentes Oculus Rift Touch y sus sensores.

- 1 académico y 1 ayudante – de acuerdo a lo indicado en figura 2.

- 2 equipos computacionales para el manejo de la Realidad Virtual (VR Ready).

La duración total de la actividad se definió en 20 minutos, donde el académico y el ayudante respondían consultas y daban aviso del cumplimiento del tiempo de cada etapa de la actividad.

Las variables a considerar en el estudio tienen relación con la identificación de características del proyecto de manera comparativa entre su versión en papel y Realidad Virtual, por lo que se medirá la variación entre las respuestas certeras de la preguntas y las respuestas registradas por los estudiantes; la ficha 2 llamada "Instrumento de percepción general" abordó el conocimiento y la apreciación de los estudiantes en torno a esta tecnología, por lo que se determinará el porcentaje de aceptación a las preguntas indicadas.

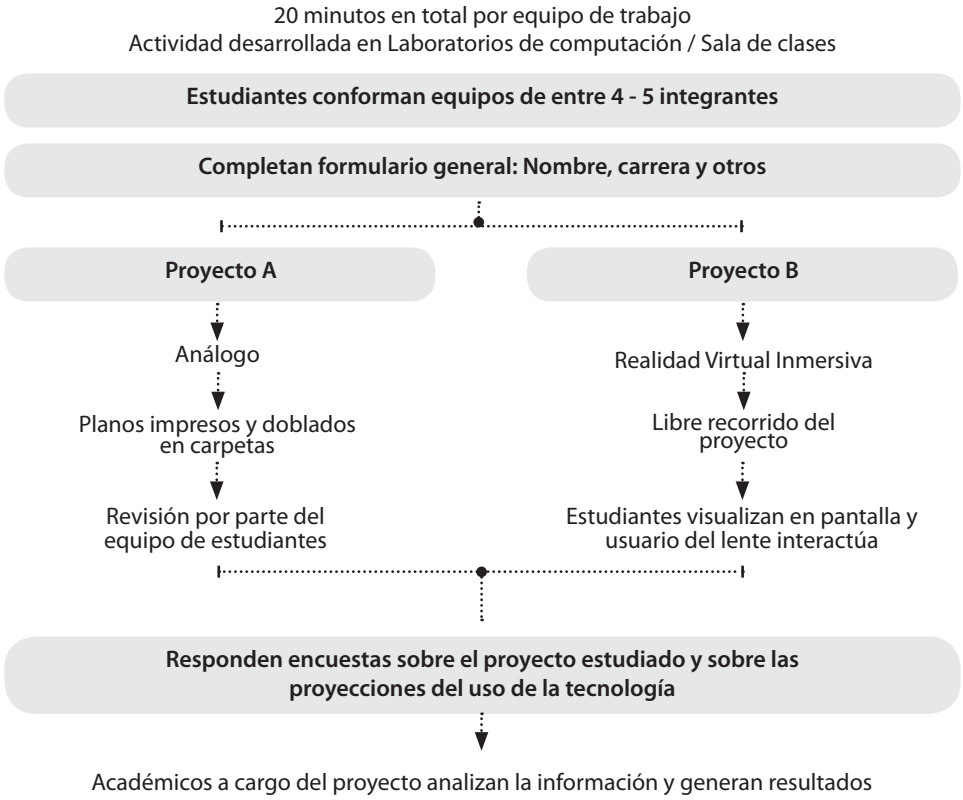


Figura 4

Flujograma de actividades desarrolladas.

Análisis

• Resultados y análisis actividades primer semestre:

Los resultados obtenidos a partir de la comparación de la descripción de los proyectos 1 y 2 en su forma análoga y en Realidad Virtual se presenta en la tabla 1:

ÍTEM	PRECISIÓN (%)		
Proyecto / Característica	**Respuesta correcta**	**Análogo**	**Realidad Virtual**
Número de puertas	100	108	121
Número de ventanas	100	102	115
Altura de recintos	100	102	103
Número de recintos	100	167	88
Materialidad	100	113	156
PRECISIÓN FINAL	100	1118,4	116,6

Tabla 1

Registro comparativo de la actividad con proyectos 1 y 2.

La tabla anterior se visualiza en función de que la valoración igual a 100% significa que la precisión es absoluta, por lo tanto, estos resultados globales se pueden interpretar de la siguiente manera:

• Número de elementos (puertas y ventanas): En el caso análogo se observa una desviación promedio del 10,5% y en el digital del 18%.
• Altura de los recintos: En el caso análogo se observa una desviación del 2% y en el digital del 3%.
• Número de recintos: En el caso análogo se observa una desviación del 2% más del número de recintos efectivos; en el digital del 12%, con menos recintos de los que realmente existen en el proyecto.

• Materialidad: En ambos casos se indica un número mayor de materiales con los que efectivamente se cuentan en el proyecto, 67% más en el análogo y 56% más en el digital.

El promedio final asociado a la desviación del total de características abordadas en el estudio, presentan una desviación del 17,5%, donde el estudio análogo es un 1,8% más preciso que el de Realidad Virtual. Es importante denotar que el reconocimiento del número correcto de ventanas o de la definición de materiales, pueden ser aspectos de mayor complejidad para el universo de carreras participantes en el estudio.

Con respecto "Encuesta a usuarios del lente" ubicada en la ficha 2 llamada "El instrumento de percepción general" muestra los siguientes resultados principales:

• Un 100% de los encuestados cree que esta tecnología se podría aplicar en otras actividades educativas.
• Un 97% cree que mediante esta tecnología se facilita comprender elementos tridimensionales complejos.

• A un 94% les gustó la experiencia.

• A un 90% le gustaría tener mayor información sobre dicha tecnología.

• Un 74% conoce el concepto de "Realidad Virtual inmersiva".

• Un 45% sintió algún malestar físico atribuible al uso de los lentes

La "Entrevista semi estructurada grupal" ubicada en la ficha 2 llamada "Instrumento de percepción general" muestra los siguientes resultados principales:

Ítem 1: Indicar posibles mejoras que se podrían incluir en la presente experiencia:

• Un 42% de los encuestados establece la necesidad de mejorar el movimiento de cámara.

• Un 26% aumentar la calidad de la simulación.

• Un 16% indica que todos los estudiantes del equipo deberían poder usar los lentes.

Ítem 2: ¿Qué beneficios proyectan, de esta tecnología, en el futuro de su profesión?:

• Un 56% de los encuestados establece beneficios asociables a la visualización del proyecto de manera realista antes de la ejecución.

• Un 38% indica que permite una mejor compresión del proyecto en comparación con los planos.

• El 6% indicó otro no clasificables ("es más divertido").

Ítem 3: ¿Qué ventajas aprecia en la revisión del proyecto en papel versus la revisión con lentes?

• Un 41% de los encuestados indica que la versión en papel tiene ventaja debido a que aparecen las cotas.
• A un 35% se le hizo más fácil la visualización del proyecto debido a que no se debe desplazar a un punto en función de reconocerlo.

• Un 18% indicó otros no clasificables ("asistir a una obra solo mediante papel", "desbloquear logros", "se aprecia de mejor manera en Realidad Virtual").

• Un 6% establece que mediante el papel se pueden detallar aspectos más técnicos de los materiales que componen el proyecto.

Resultados y análisis actividades segundo semestre:

Los resultados obtenidos a partir de la comparación de la descripción del proyecto 3 en su forma análoga y en Realidad Virtual se presenta en la tabla 2:

La tabla anterior se visualiza en función de que la valoración igual a 100% significa que la precisión es absoluta, por lo tanto, estos resultados globales se pueden interpretar de la siguiente manera:

• Número de elementos (puertas y ventanas): En el caso análogo se observa una desviación promedio del 26,5% y en el digital del 14%.

• Número de pisos: En el caso análogo se observa una desviación del 13% y en el digital del 8%.

• Número de departamentos: En el caso análogo se observa una desviación del 33% y en el digital del 11%.

• Materialidad: En el caso análogo se observa una desviación del 33% y en el digital del 0%.

El promedio final asociado a la desviación del total de características abordadas en el estudio, se tiene que en promedio presentan una desviación del 3,5%, donde el estudio digital es un 3,4% más preciso que el original.

Los resultados obtenidos a partir de la comparación de la descripción del proyecto 1 en su forma análoga y en Realidad Virtual se presenta en la tabla 3:

La tabla anterior se visualiza en función de que la valoración igual a 100% significa que la precisión es absoluta, por lo tanto, estos resultados globales se pueden interpretar de la siguiente manera:

• Número de elementos (puertas y ventanas): En el caso análogo se observa una desviación promedio del 150% y en el digital del 10%.

• Número de pisos: No se observa desviación en los 2 métodos.

• Número de habitaciones: En el caso análogo se observa una desviación del 11% y en el digital del 33%.

• Materialidad: No se observa desviación en los 2 métodos.

ÍTEM	PRECISIÓN (%)		
Proyecto / Característica	**Respuesta correcta**	**Análogo**	**Realidad Virtual**
Número de pisos	100	113	92
Número de puertas exteriores	100	67	117
Altura de departamentos	100	133	89
Ventanas por departamento	100	80	111
Materialidad	100	133|	100
PRECISIÓN FINAL	100	105,2	101,8

Tabla 2

Registro comparativo de la actividad para el Proyecto 3.

ÍTEM	PRECISIÓN (%)		
Proyecto / Característica	**Respuesta correcta**	**Análogo**	**Realidad Virtual**
Número de pisos	100	100	100
Número de puertas exteriores	100	250	100
Número de habitaciones	100	111	133
Ventanas por casa	100	100	120
Materialidad	100	100	120
PRECISIÓN FINAL	100	132,2	110,6

Tabla 3

Registro comparativo de la actividad para el Proyecto 1.

Finalmente, la "Entrevista semi estructurada grupal" ubicada en la ficha 2 llamada "Instrumento de percepción general" muestra los siguientes resultados principales:

Ítem 1: ¿Conoce usted el concepto de "Realidad virtual inmersiva"?:

- Un 58% de los encuestados conoce el concepto.

Ítem 2: ¿Le gustaría tener mayor información sobre dicha tecnología?:

- Un 92% de los encuestados les gustaría tener mayor información sobre dicha tecnología.

Ítem 3: ¿Usted cree que esta tecnología se podría aplicar en otras actividades educativas?:

- Un 100% de los encuestados cree que esta tecnología se podría aplicar en otras actividades educativas.

Ítem 4: ¿Ustedes creen que en su futuro profesional utilizará tecnología de realidad virtual?:

- Un 92% de los encuestados creen que en su futuro profesional utilizará tecnología de realidad virtual.

Ítem 5: ¿Ustedes creen que es importante incorporar tecnología en la enseñanza de la Ingeniería?:

- Un 100% de los encuestados creen que es importante incorporar tecnología en la enseñanza de la Ingeniería.

Ítem 6: Indiquen posibles mejoras que se podrían incluir en la presente experiencia.

- Un 42% de los encuestados indica que se debe extender el tiempo, permitiendo profundizar en la actividad desarrollada.
- Un 33% de los encuestados indica que se debe mejorar las gráficas y la movilidad de la cámara.
- Un 8% de los encuestados indica que se debe mejorar la ventilación de la sala donde se desarrolló la actividad.
- Un 17% de los encuestados indica otros aspectos no clasificables a mejorar.

Ítem 7: ¿Qué ventajas aprecia en la revisión del proyecto en papel versus la revisión con lentes?

- Un 42% de los encuestados indica que la versión en papel tiene ventaja debido a se tiene una visión global del proyecto.
- Un 8% de los encuestados indica que la versión en papel tiene ventaja debido a se visualizan mejor los detalles.
- Un 50% de los encuestados indica que la versión en Realidad Virtual es más ventajosa.

Conclusiones

La implementación de la Realidad Virtual en los cursos indicados fue posible a partir de la realización de actividades prediseñadas. La bibliografía y la opinión de los estudiantes demuestra que la Realidad Virtual es una tecnología conocida en las nuevas generaciones con gran potencial de incorporación en la Academia; los resultados finales de la experiencia tuvieron relación con que el reconocimiento del nivel de precisión es acorde a la bibliografía (mientras más grande es el proyecto, mayor incidencia en el reconocimiento de sus características geométricas tendrá la Realidad Virtual Inmersiva, con una precisión del 1,8% (proyectos 3) versus 16,6% (proyecto 1 y 2)), además la precisión promedio entre el modelo digital y análogo tiene una precisión comparativa de 9,2% y 11,8% respectivamente.

Bibliografía

[1] J. Lucas, "Immersive VR in the construction classroom to increase student understanding of sequence, assembly, and space of wood frame construction," J. Inf. Technol. Constr., vol. 23, no. November 2017, pp. 179–194, 2018.

[2] A.-H. G. Abulrub, A. N. Attridge, and M. A. Williams, "Virtual reality in engineering education: The future of creative learning BT - 2011 IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON 2011, April 4, 2011 - April 6, 2011," pp. 751–757, 2011.

[3] P. Katsioloudis, M. Jones, and V. Jovanovic, "Use of virtual reality head-mounted displays for engineering technology students and implications on spatial visualization," Eng. Des. Graph. J., vol. 81, no. 1, pp. 11–24, 2017.

El IMPACTO de la ESPIRULINA en la ALIMENTACIÓN HUMANA

Loreto Muñoz H.
Doctora en Ciencias e Ingeniería de los alimentos

La **espirulina** *es una de las primeras formas de vida fotosintéticas originadas hace 3.500 millones de años. Pertenece al grupo de algas verde-azules que crecen bajo luz solar intensa, a altas temperaturas y en condiciones alcalinas. Este organismo además, tiene la capacidad de utilizar el dióxido de carbono (CO2) disuelto en agua de mar como un nutriente para su reproducción [1].*

Pero, ¿Cómo este organismo llega a ser un alimento?

El uso de la espirulina se remonta desde el año 1.300 DC cuando los aztecas la extraían del lago Texcoco y era usada para para elaborar una especie de torta seca llamada "techuitlatl". Por otra parte, su uso también ha sido descrito en Chad (África), probablemente dentro del mismo periodo o antes (siglo IX DC) donde era cosechada del lago Kossorom y usada para preparar un alimentos conocido como "dihe" [2].

De acuerdo a algunos autores, la espirulina fue "re-descubierta" por el español Hernando Cortés en 1519. Las crónicas españolas de la época, describen a pescadores con redes finas recolectando "techuitlatl" de color azul de las lagunas, del cual hacían una torta de color verde azulado. Los españoles observaron además a los aztecas mientras comían este alimento color verde durante su visita la Lago Texcoco en el Valle de México. Desde esos años y en adelante este "alimento verde" despertó el interés de científicos como Pierre Dangeard quien descubrió por primera vez los beneficios de la espirulina en 1940 a través de la observación de los flamencos, los que eran capaces de sobrevivir comiendo esta alga verde-azulada. Casi veinticinco años más tarde, en 1964-1965, el botánico Jean Leonard apoyó los descubrimientos de Dangeard, lo que dio el impulso para la producción y el consumo de la espirulina por sus múltiples beneficios [3]. A partir del año 1969 la espirulina se empezó a producir comercialmente en una planta de procesamiento en Sosa Texcoco, México y hoy en día se produce comercialmente en muchos países, incluido Chile.

Existen muchas instituciones a nivel internacional que se han pronunciado respecto de esta micro alga, por ejemplo, ONU declaró la espirulina como el mejor alimento del futuro; la OMS la ha descrito como uno de los mejores productos alimenticios para la salud; UNESCO la ha definido como la comida ideal del futuro y según la NASA y la Agencia Espacial Europea, es uno de los alimentos que se pueden cultivar en misiones espaciales de larga duración en el espacio. Finalmente, la FDA (Food and Drug Administration) la ha validado como una de las mejores fuentes de proteínas.

"La espirulina es el alimento concentrado más nutritivo conocido por la humanidad"

Es importante destacar que la producción de espirulina no compite con los cultivos de alimentos tradicionales porque no requiere tierra cultivable y puede utilizar muchos desechos como nutrientes para su desarrollo.

Pero, ¿Qué es la espirulina?

La espirulina es una cianobacteria fotosintética planctónica que forma enormes poblaciones en cuerpos de agua tropicales y subtropicales que contienen grandes cantidades de sales como carbonato y bicarbonato, las que producen pHs entre 8,5 a 11; estas condiciones extremadamente alcalinas dificultan o impiden la proliferación de otro tipo de organismos [1]. Este organismo multicelular y filamentoso pertenece a dos géneros separados, *Sprirulina* y *Arthrospira* con alrededor de 15 especies. Una de ellas, la Arthrospira platensis es la más común y ampliamente disponible, la mayoría de las investigaciones, publicaciones y decisiones de salud pública se refieren a esta especie específica [1].

Beneficios al ser humano

Composición nutricional

Desde el punto de vista nutricional, la espirulina es el alimento concentrado más nutritivo conocido por la humanidad, contiene una gran cantidad de proteínas con excelente valor nutricional dado que contiene todos los aminoácidos esenciales que además poseen una alta digestibilidad; es fuente de vitaminas, especialmente vitaminas A, B1, B2 y B12, minerales (especialmente hierro, magnesio y calcio) y fitopigmentos [4, 5].

Esta microalga contiene además de los nutrientes que pueden satisfacer las necesidades de nutrientes y energía de la población; muchos componentes bioactivos que ayudan a promover la salud y prevenir enfermedades crónicas.

Los componentes nutricionales más importantes se pueden observar en la tabla 1.

Tabla 1 – Contenido en macronutrientes

Nutriente	Unidad	Valor por 100 g
Energía	kcal	290
Proteínas	g	57,47
Lípidos totales	g	7,72
Cenizas	g	6,23
Carbohidratos	g	23,90
Fibra dietaria	g	3,6

Fuente USDA

National Nutrient Database for Standard Reference

Por otra parte, el FDA, EFSA (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria) y otras autoridades nacionales de todo el mundo, han restringido el uso de colorantes sintéticos en alimentos debido al aumento en el desarrollo de cáncer o reacciones alérgicas. Por lo tanto, la tendencia en la industria alimentaria será utilizar aditivos naturales y la espirulina es un actor potencial en este escenario [6]

La espirulina es la fuente vegetal más rica de **proteínas** que constituye entre el 60 y 70% de su peso, comparada con la soja que contiene alrededor de un 35% [7]. Por otra parte, la espirulina provee una proteína completa, es decir, posee el rango completo de aminoácidos esenciales, imprescindibles para el ser humano.

Las **vitaminas** encontradas de forma natural en esta microalga son β-caroteno (su contenido es 30 veces más alto que en la zanahoria), vitamina B1, B2, B12 y vitamina E (Tabla 2) . Su contenido en vitamina B12 también es excepcionalmente alto. Para una dieta vegetariana, esta vitamina es la más difícil de obtener, ya que las frutas, vegetales, granos o legumbres no la poseen. También es reconocida como una excelente fuente de vitamina E la cual actúa como antioxidante y ayuda a proteger a las células contra daños oxidativos y es clave para el desarrollo normal del sistema neurológico y muscular [3, 5].

Tabla 2 – Vitaminas

Vitaminas	Unidad	Valor por 100 g
Vitamina C	mg	10,1
Tiamina (B1)	mg	2,38
Riboflavina (B2)	mg	3,67
Niacina (B3)	mg	12,82
Acido pantoténico (B5)	mg	3,48
Vitamina B6	mg	0,36
Colina	mg	66
Vitamina A	mg	29
Vitamina E	mg	5
β-caroteno	µg	342

Fuente USDA

National Nutrient Database for Standard Reference

La espirulina contiene **minerales** como hierro (su contenido es 20 veces mayor que en el trigo), magnesio, calcio, manganeso, fósforo y zinc, entre otros (Tabla 3)

Tabla 3 - Minerales

Minerales	Unidad	Valor por 100 g
Calcio	mg	120
Hierro	mg	28,5
Magnesio	mg	195
Fosforo	mg	118
Potasio	mg	1363
Sodio	mg	1048
Zinc	mg	2,0
Cobre	mg	6,1
Manganeso	mg	1,9
Selenio	µg	7,2

Fuente USDA

National Nutrient Database for Standard Reference

En la espirulina los **ácidos grasos** más comunes son los poliinsaturados siendo los más importantes el ácido araquidónico, ácido linolénico y ácido eicosapentaenoico (EPA) que son farmacológicamente importantes para la dieta dado que reduce el riesgo de enfermedades cardiovasculares.

Entre los componentes bioactivos más importantes se encuentra el β-caroteno, el que puede ser fácilmente absorbido y tiene efecto anti-inflamatorio y actividad anticancerígena por su potente efecto antioxidante. De acuerdo al Instituto Nacional del Cáncer en USA, un consumo de 6.0 mg de β-caroteno al día puede minimizar efectivamente el riesgo de cáncer; por su parte, 4 gramos de espirulina son suficiente para aportar esos 6 mg recomendados [1].

Por otra parte, la espirulina tiene la capacidad única de desintoxicar o quelar minerales tóxicos, una característica que aún no ha sido confirmada en otras algas. Se puede utilizar para desintoxicar el arsénico del agua y los alimentos. Investigadores dela Universidad de Beijing han extraído moléculas bioactivas de la espirulina que podrían neutralizar el efecto tóxico de los metales pesados [8].

Ensayos clínicos han demostrado que la espirulina puede servir como suplemento para la prevención de muchas enfermedades. Su consumo ha demostrado además ser efectivo para reducir el nivel de lípidos en la sangre, disminuir el colesterol sanguíneo, mejorar el sistema inmune aumentando los niveles de inmunoglobulinas, actuar como antioxidante, anticancerígeno, antiviral, poseer efecto antiinflamatorio, y además actuar sobre la hiperlipidemia e hiperglicemia [9].

¿y como la podemos consumir?

En el mercado existen diferentes presentaciones de espirulina, en pastillas o cápsulas como suplemento alimenticio, en polvo (para ser incorporado a los alimentos directamente) o en bebidas tipo batidos con jugos de frutas, leche o yogurt. Pero también, en algunos países es utilizada en sopas, salsas, pasta, barras energéticas y galletas.

De acuerdo a FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación), la dosis recomendada promedio es de 2 a 8,5 gramos por día.

Acciones a nivel país

Desde el año 1999 la espirulina es cultivada en Chile en la Región de Tarapacá. Junto con ello, se han desarrollado algunas iniciativas a nivel nacional para promover su cultivo y producción. El día de hoy a través de un proyecto CORFO 19EI-106312, se pretende incorporar esta microalga a diferentes alimentos de consumo tradicional con la finalidad de aportar nutrientes y prevenir algunas enfermedades, así como también ofrecer una alternativa a las dietas vegetarianas, veganas y otras.

Conclusiones

La espirulina ofrece un sinnúmero de beneficios para el ser humano; es rica en nutrientes esenciales y además posee componentes funcionales que ayudan a la prevención de enfermedades. Por lo tanto, para promover su consumo se requiere en primera instancia conocer más acerca de ella y a posterior desarrollar formulaciones innovadoras para fortificar los alimentos convencionales con esta microalga y crear una conciencia nutricional para aumentar su utilización.

Bibliografía

[1]. Habib, M.A.B., et al. A review of culture, production and use of spirulina as food for human and feeds for animals and fish. FAO Fisheries and Aquaculture Circular 2008.

[2]. Abdulqader, G., L. Barsanti, and M.R. Tredici, Harvest of Arthrospira platensis from Lake Kossorom (Chad) and its household usage among the Kanembu. Journal of Applied Phycology, 2000. 12(3): p. 493-498.

[3]. Soni, R.A., K. Sudhakar, and R.S. Rana, Spirulina – From growth to nutritional product: A review. Trends in Food Science & Technology, 2017. 69: p. 157-171.

[4]. Santos, T.D., et al., Development of powdered food with the addition of Spirulina for food supplementation of the elderly population. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2016. 37: p. 216-220.

[5]. Yin, C., et al., Tackling community undernutrition at Lake Bogoria, Kenya: The potential of spirulina (Arthrospira fusiformis) As a food supplement. African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development, 2017. 17(1): p. 11603-11615.

[6]. Vaz, B.d.S., et al., Microalgae as a new source of bioactive compounds in food supplements. Current Opinion in Food Science, 2016. 7: p. 73-77.

[7]. Ravindran, B., et al., Microalgae Potential and Multiple Roles—Current Progress and Future Prospects—An Overview. Sustainability, 2016. 8(12): p. 1215.

[8]. Li, D.-M. and Y.-Z. Qi, Spirulina industry in China: Present status and future prospects. Journal of Applied Phycology, 1997. 9(1): p. 25-28.

[9]. Karkos, P.D., et al., Spirulina in Clinical Practice: Evidence-Based Human Applications. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2011. 2011: p. 4.

Rafael Vicuña, PhD. en Biología Molecular impartió charla sobre el origen de la vida en la Tierra

Durante el coloquio, el charlista puso de manifiesto diferentes teorías o escenarios que han sido analizados por científicos de todo el mundo acerca del origen de la vida en la Tierra.

"La historia comienza hace 4500 millones de años. La tierra primitiva se caracterizaba por una radiación solar más suave, una intensa lluvia de meteoritos, una atmósfera compuesta por gases volcánicos y una luna más cercana que producía bruscos ciclos de mareas" explicó Rafael Vicuña, Bioquímico y PhD. en Biología Molecular, en su charla titulada 'El origen de la vida en la Tierra', la cual dio inició al ciclo de encuentros de Geología de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, denominado Encuentros de Hoy por el Mañana.

La actividad tuvo lugar en el Auditorio del edificio Vicente Kovacevic I, espacio donde estudiantes y académicos de la Escuela de Ingeniería participaron como oyentes ante el relator invitado quien contextualizó el contenido de su conferencia en un análisis desde el enfoque geológico, donde explicó distintos escenarios posibles que responden a las interrogantes científicas del cómo, dónde y cuándo surgió la vida en el planeta azul. La presentación y bienvenida al espacio, estuvo a cargo de Francisco Fuentes, director de las carreras Ingeniería Civil en Minas y Geología.

Entre sus dichos, Vicuña aseguró que "la vida no surge por generación espontánea". A partir de allí, explicó distintos escenarios que científicos de distintas corrientes han investigado y que según sus análisis y vertientes de conocimiento apoyan o no. El escenario 1, es el de la Sopa Primordial de Miller; el escenario 2, es el que se conoce como Fuentes Hidrotermales Terrestres 'Warm Little Ponds'; el escenario 3, se denomina Fuentes Hidrotermales Submarinas del tipo 'Black Smokers'; y por último el escenario 4, el más actual y que apoya el Dr. Vicuña, se le conoce como Fuentes Hidrotermales Submarinas del tipo 'Lost City'.

Al finalizar la conferencia, se abrió un espacio a consultas, donde los estudiantes interactuaron y pudieron plantear dudas claves en torno al tema abordado, además se hizo entrega de un obsequio al charlista en nombre de la Escuela de Ingeniería.

Rafael Vicuña, es profesor titular de la Pontificia Universidad Católica de Chile, de la cual ha sido vicerrector Académico y decano de la Facultad de Ciencias Biológicas. Es miembro de número de la Academia Chilena de Ciencias, de The World Academy of Sciences (TWAS), de la Academia Pontificia de Ciencias y del Consejo Pontificio de la Cultura, entre otras.

Recibió una Guggenheim Fellowship el año 1996. Es autor de unas 100 publicaciones científicas en el campo de la enzimología y expresión de genomas de hongos y bacterias y de unas 50 publicaciones relativas a ciencia y sociedad.

DIBUJANDO CON METALES A ESCALA NANOMÉTRICA

Atrapando la magnetización en sistemas de geometría pentagonal creados por la técnica de litografía de haz de electrones sobre un substrato plano (Del articulo original de E. Saavedra, J. Escrig, J. L. Palma; J. Magn. Mag. Mat 490 (2019) 165522)

Juan Luis Palma
Doctor en Ciencias con mención en Física

La tecnología avanza a pasos agigantados, tan grandes que las capacidades de procesamiento de información no serán suficientes el año 2035, y nos enfrentaremos al problema de cómo procesar la información que estamos generando y que estamos almacenando. Estos problemas los estamos dejando en manos de la computación neuromórfica o, por otro lado, lo dejamos en manos de la computación cuántica. Sólo el tiempo nos dirá cuál de estas metodologías será la correcta para el procesamiento, o quizás nos quedemos con la que primero aparezca. La computación neuromorfica se basa en hacer un procesador que sea tan parecido como un cerebro humano: que consuma poca energía, que tenga procesamientos del tipo neuronal, que tenga capacidad de autoaprendizaje (y no solo soluciones de programación como hasta ahora lo hacemos con los computadores). Pero esto, es tema para otro artículo. Hoy nos embarcaremos en un viaje un poco más enfocado a como está funcionando nuestra tecnología y cómo podemos mejorarla explorando el mundo de la nanotecnología. Veremos como la técnica de la litografía nos acerca más, en cuanto a lo que se refiere la técnica de síntesis de sistemas nanométricos, a la computación neuromórfica que basa sus principios en los sistemas con memoria natural; como lo son los sistemas magnéticos.

Dentro de los sistemas magnéticos que se pueden estudiar, uno de los más llamativos son los hielos artificiales de espín. ¿Pero que significa este conjunto de palabras que parecen ser conocidos y que suena desconocido? Primero comencemos describiendo el "espín", que es una cantidad física intrínseca del electrón, o por así decirlo, una cantidad intrínseca del átomo. Esta cantidad indica una dirección, algo así como una polaridad positiva y negativa: imaginemos una pila para llevarlo a un ejemplo más gráfico. Ahora pensemos en la palabra "hielo" que es un ordenamiento de moléculas de agua en una matriz rígida. (Al parecer estamos armando ya la frase completa: hielos artificiales de espín). Específicamente, en el hielo de agua la frustración del espín proviene del hecho de que un par de hidrógenos está más cerca un oxígeno que otro par de hidrógenos, obteniéndose una configuración de baja energía cómo un tetraedro. El término frustración, en física se refiere a la inhabilidad de satisfacer todas las interacciones en un sistema en particular, lo que nos lleva a encontrar estados degenerados (varios estados con un mismo nivel de energía) para el punto de mínima energía del sistema, he incluso estados no nulos de entropía en el cero absoluto. Las propiedades del volumen macroscópico en cristales de hielos de espín muestran un comportamiento fascinante dependiente del campo magnético he incluso del comportamiento térmico. Estos efectos están relacionados con la frustración del espín [1-2]. El término de hielo de espín, aparece del descubrimiento de una frustración geométrica en la red cristalina de una tierra rara (policloruro) [1]. Pero estos sistemas presentan un inconveniente; no hay control sobre la red y la geometría del espín. Por esto, en el año 2006 nació la idea de replicar el comportamiento de las tierras raras por medio de la síntesis de sistemas artificiales de espín en arreglos bidimensionales [3]. Estos sistemas artificiales se crean dibujándolos a escala nanométrica, por medio de la técnica de litografía electrónica. Donde un nano-imán representa cada espín en el arreglo, y cada nano-imán corresponde a un elemento con una magnetización bien definida. Estos imanes actúan como un espín de Ising. La característica de cada nano-imán puede ser diseñada mediante la deposición del metal o mediante la forma usando las técnicas de litografía. Entonces, es posible diseñar la magnetización.

Un sistema artificial de espines corresponde a un metamaterial que consiste en un arreglo particular de nano-imanes. Estos sistemas se pueden obtener por medio de la técnica de litografía por haz de electrones, o también conocida como litografía electrónica.

Se nos viene entonces la pregunta a la cabeza: ¿Qué es la litografía?

Figura 1
Geometrías de Cairo, encontradas también en la cultura Arábica, Islámica.

La litografía es un proceso de impresión que consiste en trazar un dibujo en una piedra o plancha metálica, este dibujo una vez grabado en esta matriz dura, es posible estamparlo sobre un papel o telar. Hoy las técnicas de impresión han dejado casi en desuso esta técnica, salvo por la reproducción de obras artísticas. La palabra litografía proviene del griego 'lithos', piedra y 'graphe', dibujo.

Para este tipo de impresión se utiliza una piedra caliza pulimentada sobre la que se dibuja la imagen a imprimir (de forma invertida) con una materia grasa, bien sea mediante lápiz o pincel. Este proceso se basa en la incompatibilidad de la grasa y el agua. Una vez la piedra humedecida, la tinta de impresión solo queda retenida en las zonas dibujadas previamente.

Aunque este procedimiento fue extensamente usado con fines comerciales, la mayor parte de los grandes pintores de los siglos XIX y XX también lo emplearon ya que facilitaba obtener un cierto número de copias de un mismo trabajo: Picasso, Toulouse-Lautrec, Joan Miró, Piet Mondrian, Ramón Casas, Antoni Tàpies, Alphonse Mucha, Goya, Andy Warhol, etc.

Y, ¿Que ganamos si hacemos una plancha de litografía a escala nanométrica?

Como ya hemos comentado en números anteriores, pero nunca está de más recordarlo, la nanotecnología se basa en hacer que los elementos que forman una estructura, sean tan pequeños que se comparen con las longitudes características de algún efecto físico o químico, y así aparecen nuevos efectos que buscamos controlar. El efecto físico que se quiere presentar en este artículo es el magnetismo en la escala nanométrica. Lo que se nos viene a la cabeza cuando pensamos en material magnético es un imán, y este es un tipo de material magnético conocido como "ferromagnetos". Pero, todos los materiales son magnéticos (si, todos), los ferromagnetos solo tienen una respuesta mayor cuándo se les aplica un campo magnético. Podemos pensar en la materia como un todo compuesto por átomos, cada átomo se puede modelar cómo un pequeño imán que debe su magnetización al momento angular (sea orbital o de espín) de los electrones que contiene, y bueno… toda la materia tiene átomos. Existen materiales que tienen una respuesta mucho menor y positiva frente a la aplicación de un campo magnético, estos materiales se conocen como paramagnéticos. Y existen materiales que tienen una respuesta muy débil y negativa frente a la aplicación de un campo magnético, y estos materiales se conocen como diamagnéticos. No queremos profundizar tanto, solo necesitamos saber que los materiales ferromagnéticos, que son simples imanes son los que nos sirven para las tecnologías que usamos día a día: como memorias RAM, procesadores, CD's, cassettes, alarmas de supermercados, entre otras cosas…

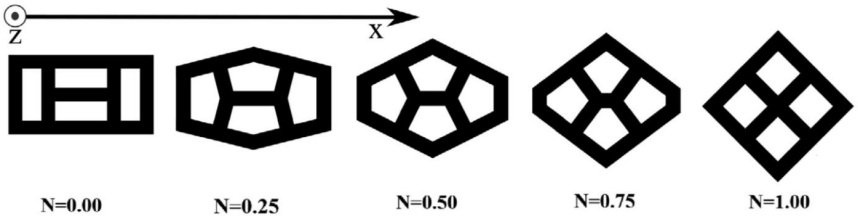


Figura 2

Celda unitaria para hielos de espín artificial. Llamamos N=0 a la celda del tipo shakti, y al introducir una deformación obtenemos arreglos pentagonales del tipo P4G (N=0.25, 0.5, 0.75) hasta llegar a una celda cuadrada N=1.

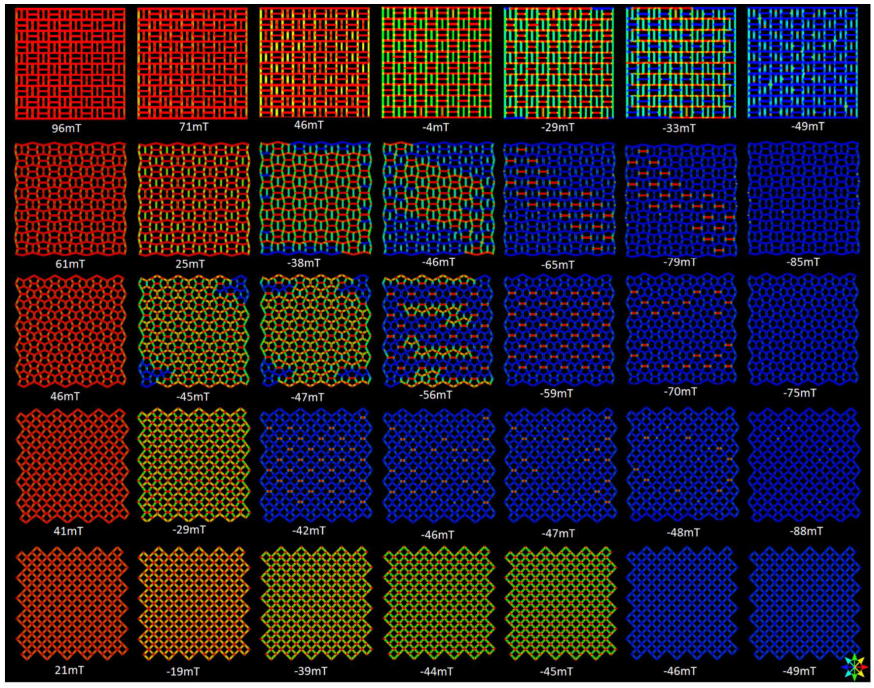


Figura 3

Capturas de pantalla para las distintas magnetizaciones de los arreglos.

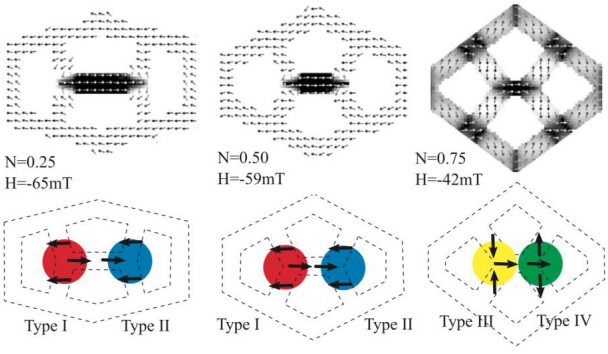


Figura 4

Configuración de la magnetización en cada celda unitaria que atrapa un dominio ferromagnético, para las redes pentagonales estudiadas.

Dentro de los materiales ferromagnéticos existen regiones dónde todos los momentos magnéticos (pequeños imanes de los que se compone la materia) apuntan en la misma dirección, estas regiones se conocen como "dominios ferromagnéticos", entre estos dominios ferromagnéticos, existen zonas dónde la magnetización cambia de una dirección a otra; y estas se conocen como "paredes de dominio". Estas regiones miden centenas de nanómetros, por lo que, si construímos algo que mida menos que este largo, la física de la magnetización en los materiales tendrá efectos mayores que podemos controlar.

En esta ocasión en particular se mostrará un sistema interconectado de elementos de ancho de 100 nm, los que están ordenados en una red pentagonal, conocida como red "Cairo" (si, debido a que es el mismo ordenamiento que tienen las veredas en la ciudad del Cairo, como se ve en la figura 1). La red pentagonal de Cairo es interesante debido a que muestra una

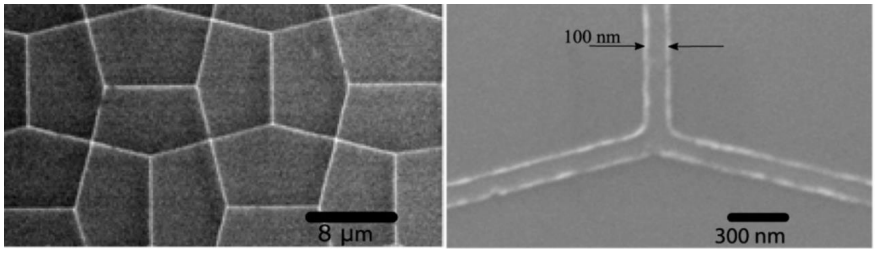


Figura 5

Sistema pentagonal Cairo creado por litografía de haz de electrones con 100 nm de ancho de línea.

fuerte frustración geométrica, que es posible observar en el compuesto Bi2Fe4O2 [3]. El profesor Shechtman, premio Nobel de Química por descubrir los quasicristales (a quién tuve el agrado de conocer y de participar en una mesa de motivación para una decena de científicos jóvenes) pensaba que era imposible ordenar un arreglo de átomos y obedecer al mismo tiempo la simetría pentagonal. Hoy en día conocemos que existen ciertos grupos o familias de pentágonos que nos permiten llenar el espacio plano. Y además este tipo de simetría se puede encontrar en la naturaleza, por ejemplo, en la icosahedrita (Al63Cu24Fe13) y en algunos complejos, además de ciertos modelos magnéticos (Ising) que ofrecen interesantes resultados [4,5].

En base a estos argumentos, quiero mostrar uno de los últimos estudios que se publicaron en la Escuela de Ingeniería de la Universidad Central de Chile, que se basa en los sistemas pentagonales obtenidos desde una red llamada Shakti interconectada, y se deforma de manera de obtener una red cuadrada (un interesante problema matemático que llevaremos al ámbito de la física experimental). Para entender estas redes mejor, observemos la figura 2 que muestra los arreglos que estudiaremos. Para ver el estudio original acudir a la referencia [6].

Se simuló numéricamente el comportamiento magnético en un arreglo matricial que contiene 10x10 elementos de los mostrados en la figura 2. Uno de los resultados más interesantes que se obtuvo es que cuándo el sistema empezaba a revertir su magnetización de derecha a izquierda, existían ciertos puntos de equilibrio metaestable en dónde los dominios ferromagnéticos quedaban atrapados, lo cual es un hecho muy importante para ser utilizado en nuevas tecnologías. Esto lo podemos ver en la figura 3, que muestra los sistemas simulados a distintos campos magnéticos externos aplicados. En el rincón derecho de abajo, se observa un mapa de colores de la dirección en la que apuntan los espines en el arreglo; por lo que cuando el arreglo muestra un color azul; los espines apuntan a la izquierda, y cuándo el arreglo muestra un color rojo; los espines en esa zona apuntan a la derecha. Entonces, aquí si podemos ver que los arreglos pentagonales muestran cómo se atrapan dominios ferromagnéticos (en rojo) dentro de la red.

Los dominios quedan bien definidos, y se observa como apunta la magnetización en cada uno de los elementos que quedan atrapados. Podemos distinguir una red que tiene dominios antiferromagnéticos y otra que tiene configuración de dominios más perpendiculares entre sí, lo que, en conclusión, definiría la energía del arreglo. Esto se puede observar en la figura 4. El dominio ferromagnético queda atrapado en la red porque existe una configuración de energía igual y opuesta en cada uno de sus extremos.

La cantidad de dominios ferromagnéticos que se forman en cada red, depende únicamente del grado de deformación que le demos a la red, como se muestra en la figura 3. Además, los dominios anclados no aparecen de manera solitaria, ni desaparecen de manera solitaria, por lo que nos lleva a pensar que existe un comportamiento colectivo de la magnetización. Estos comportamientos colectivos son muy importantes para los dispositivos neuromórficos.

Estos sistemas fueron sintetizados para ser estudiados desde un punto de vista experimental. El método de síntesis corresponde a la litografía por haz de electrones, y el sistema se midió experimentalmente en un magnetómetro de efecto Kerr magneto-óptico (nanoMOKE). Los resultados muestran que el comportamiento magnético observado en las simulaciones es el mismo que pudimos medir experimentalmente, por lo que este tipo de sistemas queda muy bien descrito por el micromagnetismo utilizado.

Más que una conclusión, los quiero dejar con una reflexión técnica, que nos muestra que los procesos litográficos, la arquitectura de películas delgadas y los sistemas magnéticos auto-ensamblados continúan avanzando por su interés en ciencias básicas y en nuevas tecnologías. Hoy en día se pueden crear arreglos de elementos magnéticos, en dónde cada componente puede ser diseñado y sintetizado con una alta definición, en escalas micro y submicrométricas, llegando incluso a decenas de nanómetros. Una de las más fascinantes características de estos sistemas en particular, es tomar ventaja de la interacción entre elementos para crear nuevas funcionalidades para el arreglo completo. Las propiedades físicas de estos sistemas magnéticos difieren de las propiedades observadas para cada elemento aislado, ya que una dinámica colectiva aparece en el sistema. Este comportamiento colectivo juega un rol importante para gobernar las nuevas propiedades del arreglo, las cuales pueden ser determinadas por el diseño y se pueden activar mediante la aplicación de campos eléctricos y magnéticos.

Bibliografía

[1] H.M. Harris. Phys. Rev. Lett., 1997. 79(2554).

[2] Wang, R.F., et al., Nature, 2006. 439(7074): p. 303-6.

[3] Z.V. Pchelkina, Phys. Rev. B 88 (2013) 054424.

[4] V. Urummov, J. Phys. A: Math. Gen. 35 (2002) 7317–7321.

[5] M. Rojas, Phys. Rev. E 86 (2012) 051116.

[6] E. Saavedra, J. Magn. Mag. Mat 490 (2019) 165522

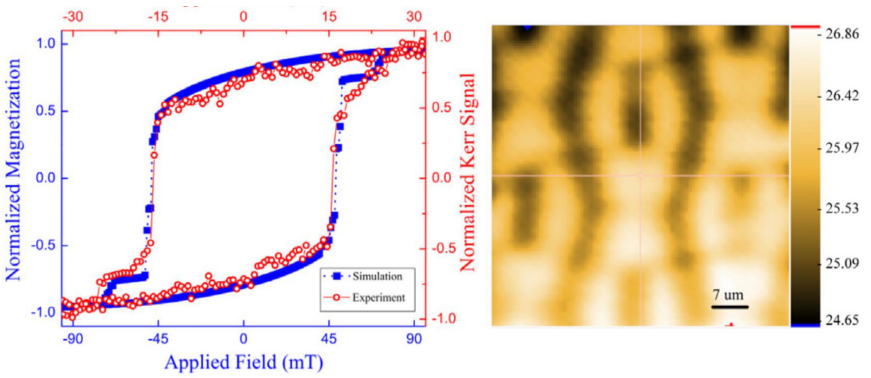


Figura 6

Comportamiento de la magnetización en el sistema experimental (curva roja) y en las simulaciones (curva azul). A la derecha se observa la señal óptica captada en el nanoMOKE.

Máximo Pacheco inaugura los Encuentros de Hoy por el Mañana de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la U. Central

Quien fuese ministro de energía, durante la segunda administración de la presidenta Bachelet, se refirió a parte del legado durante su gestión.

Entre autoridades, docentes, investigadores y estudiantes se desarrolló la primera versión de los Encuentros de Hoy por el Mañana, organizado por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Central, instancia que inició con la clase magistral 'La revolución energética en Chile y sus desafíos futuros' impartida por Máximo Pacheco, ex ministro de Energía durante los años 2014 y 2016.

La actividad se llevó a cabo en el Aula Magna Fundadores, en el Centro de Extensión Hugo Gálvez Gajardo, de esta casa de estudios, regido por las máximas autoridades centralinas, el presidente de la Honorable Junta Directiva, Ricardo Napadensky y, el rector Santiago González, en compañía del anfitrión de la jornada, Christian Nicolai, decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Nicolai dio apertura a la actividad con un saludo donde apreció la nutrida concurrencia al evento y además manifestó que "la universidad y en particular nuestra facultad, entienden su misión como la de formar profesionales de alto nivel que sean personas integrales. Para esto, buscamos hacer un trabajo colaborativo, interdisciplinario y con pertinencia local, regional y nacional" igualmente, la autoridad se refirió a la importancia de acercar a los estudiantes al quehacer de hoy en el contexto de estos encuentros "desde una perspectiva científica, innovadora y con enfoque al bienestar humano que genera valor a futuro".

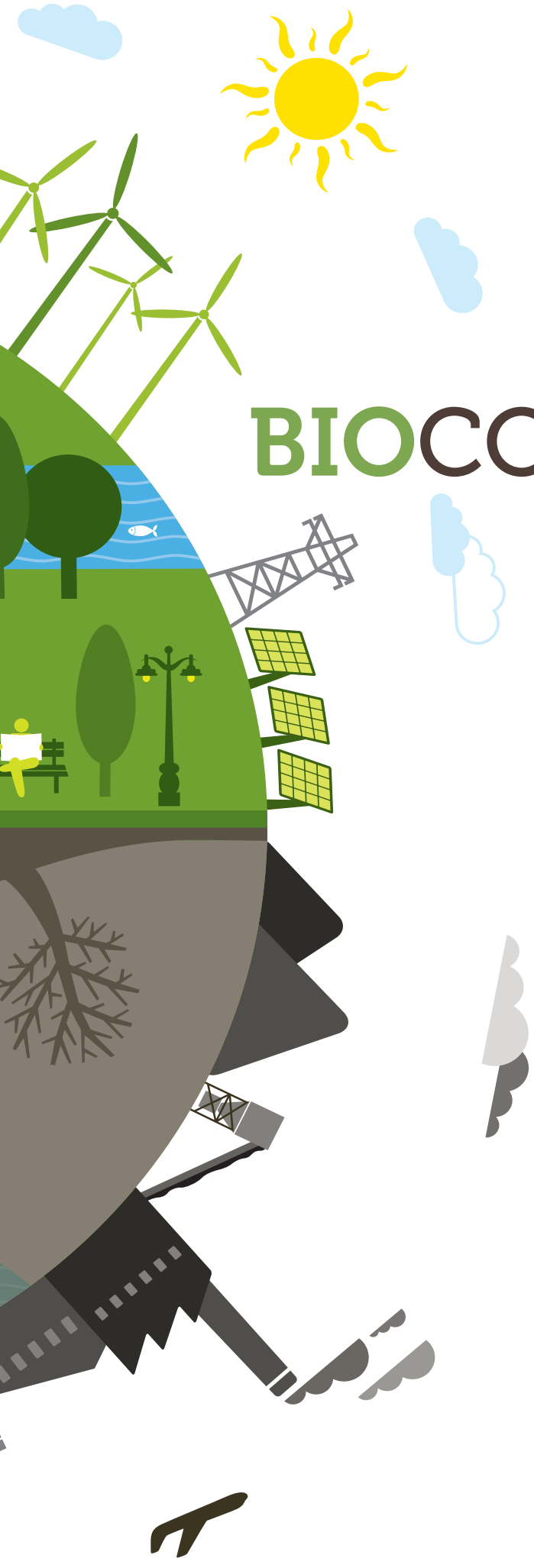
Pacheco partió su intervención, con un extracto de 2 minutos del largometraje de Al Gore 'Una verdad incómoda 2', donde se releva el cambio de paradigma a nivel energético y el potencial de Chile para ser referente en energías limpias de la región y el mundo.

Su clase magistral recopiló datos y análisis de las acciones que en los últimos años se han desarrollado en materia de energía y cómo es que esos pasos han posicionado a Chile como un ejemplo local.

En sus dichos, el ex secretario de estado expresó que "para que una política pública sea exitosa requiere en primer lugar que el estado tenga un capital humano preparado, profesional y robusto" a eso añadió que su construcción debe necesariamente pasar por el diálogo con las comunidades, aspecto que le confiere legitimidad.

Culminó con una reflexión donde afirmó que "mi experiencia en política energética es que el estado puede liderar una visión, convocar a los distintos actores, alinear, apoyar a darle valor a la palabra cooperación", finalmente el ex ministro recalcó que el avance y progreso de los países descansa en la cooperación estado-mercado-sociedad.

Los Encuentros de Hoy por el Mañana, son ciclos enfocados en contenidos de valor en términos de ciencia, innovación y tecnología, de cara al futuro, impartidos por personalidades que se mueven en estos ámbitos.



BIOCOMBUSTIBLES

Sergio Cárdenas
Doctor en Bioquímica

La crisis ambiental de los últimos años, ha requerido un replanteamiento de nuestros procesos. Debemos producir lo mismo, pero tratando de hacerlo de forma eficiente y dañando lo menos que podamos nuestro entorno. Desde hace muy poco se está ocupando el término "economía circular", para cambiar la forma tradicional en que producimos y luego consumimos. Este término, se enfoca a que en nuestro consumo no se generen desechos o basura, sino más bien, todo residuo producido pueda incorporarse a otro proceso productivo y genere nuevos productos. Bajo ese contexto, los biocombustibles han tomado un nuevo empuje en nuestra sociedad. La mayor cantidad de residuos que genera el ser humano, es de tipo orgánico y este tipo de residuo es el óptimo para transformarse en biocombustibles.

Los biocombustibles, son combustibles que derivan de la biomasa, que se fabrican a partir de esta. Se define biomasa como toda materia viva de la tierra y esta vive en una capa muy delgada en nuestro planeta que se llama biosfera. Esta biomasa, de la que formamos parte, está compuesta en casi su totalidad de sustancias químicas que tiene como base al átomo de carbono y estas estructuras químicas a base de carbono, se llama materia orgánica. La materia orgánica, es materia química con gran cantidad de energía acumulada en su estructura y se forma inicialmente por las plantas. Estas plantas, toman agua, dióxido de carbono (CO_2) desde el aire, algunos otros nutrientes del suelo y luego de capturar energía del sol, forman esta materia orgánica en un proceso llamado fotosíntesis, y finalmente esta materia orgánica pasa al resto de los seres vivos por alimentación. Debido a la gran cantidad de energía que tienen estas moléculas de materia orgánica, es posible generar diferentes combustibles de estas en diversos procesos, los cuales son llamados biocombustibles.

Aún no hay consenso en cuales son definidos como biocombustibles. Biodiesel y bioetanol, son dos líquidos que están en todas las publicaciones que hablan de biocombustibles. A nivel gaseoso, aparece el biogás como el tercero aceptado. Actualmente, se está clasificando a la leña, como biocombustible sólido, y a nivel gubernamental chileno hay discusión de una ley para uso eficiente de la leña, tratándola como biocombustible. Fuera de las discusiones, y más bien a nivel científico también se incluye al biocarbón, el biohidrógeno y los hidrocarburos sólidos y líquidos que derivan del proceso pirólisis. En el esquema de la figura 1, se puede observar una clasificación completa de todos los biocombustibles o combustibles derivados de la biomasa y, además, se define a que tipo de energía contribuye.

Biocombustibles sólidos.

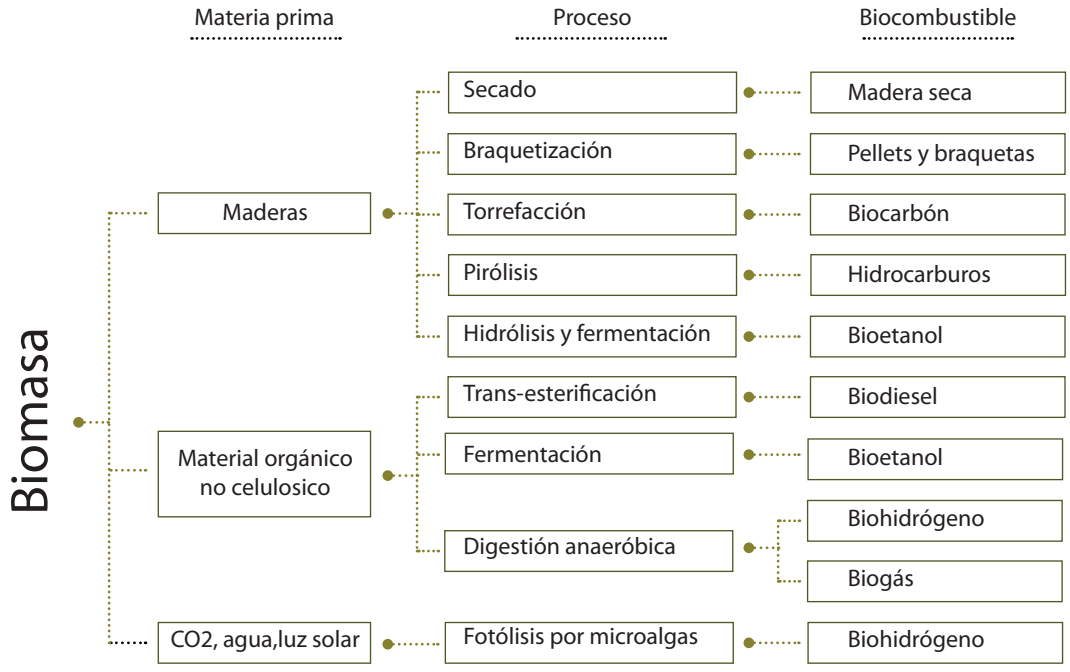
Biomasa para quema

El biocombustible más antiguo utilizado por el hombre es la madera para generación de energía térmica por combustión. A pesar de que la combustión de la madera genera dióxido de carbono que es un gas con efecto invernadero y uno ve en la casa la gran generación de humo y siente que otras partículas contaminantes, a nivel industrial la madera se usa como un biocombustible que puede servir para reemplazar combustibles contaminantes como los derivados del petróleo. Esto es porque la madera es carbono neutral. Esto significa que no aporta de forma neta gases de efecto invernadero en su utilización. Esto es debido a que todo el CO_2 que se produce en la combustión, la planta ya lo había capturado desde el ambiente, por lo que la cantidad de CO_2 generado es igual que el CO_2 absorbido y, por lo tanto, se habla de neutralidad. Para evitar otro tipo de contaminantes en la combustión, hay que tener madera seca, un buen mecanismo para oxigenación del proceso y ciertas temperaturas mínimas en el horno. Solo de esta forma se logra una combustión completa y con un bajo nivel de emisiones contaminantes, pero esto solo es posible en hornos de alta tecnología que solo pueden pagar grandes empresas, adicional a esto, se deben incluir ciertos filtros en las chimeneas para generaciones limpias al medio ambiente. Volviendo a este biocombustible, es esencial en su proceso, un secado adecuado para lograr una mejor combustión y disminuir el peso para abaratar el transporte. En una segunda generación de este biocombustible, aparecen los pellets o briquetas, que se fabrican a partir de madera, pero de forma muy condensada. Es como tener madera completamente seca pero condensada a presión, esto logra que, con menor peso y volumen, se logra mayor energía a partir de la madera [1].

Biocarbón

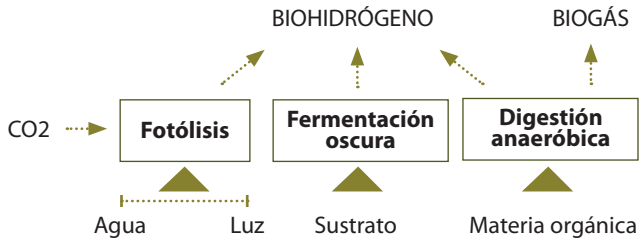
Un segundo tipo de biocombustible sólido es el biocarbón o carbón vegetal. Este se logra en un proceso llamado torrefacción, donde materia vegetal como troncos, ramas u otro tipo de residuos forestales, además de rastrojos agrícolas, se meten a un horno a temperaturas entre 250-350°C, pero en bajo nivel de oxígeno para evitar combustión. De esta forma, muchas sustancias salen desde el material vegetal en forma de gas, quedando el átomo de carbono en forma de grafito, con mejor potencial energético que antes, pero de menor peso y volumen, mejorando posibilidades de almacenamiento y de transporte [2].

Diagrama que muestra los diferentes tipos de biocombustibles que se están generando a nivel mundial



** Maderas, plantaciones, desechos forestales y rastrojos agrícola, desechos de jardines parques.*

** Material orgánico no celulósico, desechos domiciliarios y ganaderos, aguas servidas, desechos de ferias libres, desechos de industrias de alimentos y agropecuarias.*



Esquema muestra el nombre de los precesos de producción de biocombustibles gaseosos a partir de microorganismos. Biohidrógeno producido por microalgas a través de dos mecanismos diferentes y las bacterias anaeróbicas a través de la digestión anaeróbica pueden generar biogas y biohidrógeno.

Biocombustibles líquidos

Bioetanol

El bioetanol, es un líquido derivado de la fermentación de azucares. Este bioetanol, es en realidad el mismo alcohol (etanol), que aparece en vinos, destilados de diversas frutas o productos vegetales, como caña de azúcar o el alcohol que se compra para esterilizar heridas (aunque este alcohol viene acompañado de otros alcoholes para desnaturalizarlo). Cuando un medio líquido tiene altas concentraciones de azúcar, ciertos microorganismos generan un proceso llamado fermentación alcohólica, donde el azúcar se transforma en etanol y luego, en un segundo proceso llamado destilación se purifica, separándolo de otras sustancias contaminantes. Este etanol o bioetanol, es un líquido combustible que en general se mezcla con gasolina y ayuda en combustión de motores de combustión interna y, por lo tanto, se usa para obtener energía para transporte. La obtención de bioetanol ha ido evolucionando en el tiempo, según la materia prima [3]. El bioetanol de primera generación, se extrae de los llamados "cultivos energéticos". Estos cultivos, son campos plantados con especies ricas en azúcares, como caña de azúcar, maíz o trigo. Todo este producto se muele y se incuba para fermentación hasta que se generan altas cantidades de alcohol, para luego destilar. El gran problema del bioetanol de primera generación, es que se ocupan grandes extensiones de terrenos fértiles para producir energía. Tenemos escases de agua y de terrenos para alimentación y ha traído conflictos el uso de terrenos para energía. El bioetanol de segunda generación, usa azucares que no están en campos, sino que son residuos de otros procesos. Una fuente rica en azucares para fermentar, es la madera y todo tipo de residuos vegetales, como los obtenidos en desechos forestales, en podas y arreglos de parques y rastrojos agrícolas. Toda madera, tallos y hojas, contienen celulosa, que es un tipo de azúcar que generan las plantas para dar estructura, pero que ciertos microorganismos pueden degradar a azúcar comestible. Cuando esta celulosa se incuba con este tipo de microorganismos, el azúcar puede fermentar y el alcohol puede ser destilado. Un gran problema de este alcohol de segunda generación es el costo, ya que es mas caro su producción y es muchas veces más económico seguir comprando combustibles fósiles [4]. Existe una tercera generación de bioetanol. Para esto se usan algas y microalgas, las cuales en grandes bioreactores, capturan la luz del sol y CO_2 del ambiente y generan azúcar que puede ser utilizado para fermentar. Lo interesante de esta generación es que, como aporte al medio ambiente, no está en el uso de residuos, sino en que disminuye los gases con efecto de invernadero. Estas microalgas, se incuban en bioreactores que pueden lograr mayor fotosíntesis por metro cuadrado que plantas, pero no requieren de suelo fértil ni tanta agua, ya que el agua donde viven estas microalgas se mantiene en sistemas cerrados y, por lo tanto, se recupera. Estos sistemas, podrían estar instalados en caras bien iluminadas por el sol en edificios o paredes industriales y conectadas a chimeneas para absorber dióxido de carbono disminuir los gases que estas chimeneas liberan a medio. En este momento ya se esta hablando de bioetanol de cuarta generación, pero aún a nivel de investigación. En esta generación se ocupan microalgas, al igual que en la tercera generación, pero modificadas genéticamente. Estas microalgas, además de eliminar dióxido de carbono desde la atmósfera o desde chimeneas, pueden generar sustancias comerciales muy interesantes, como antioxidantes, principios activos para fármacos, o moléculas muy nutritivas para alimentación humana o animal, luego de que estas microalgas se desarrollan, se les extraen estas sustancias de alto valor agregado y, además. el azúcar para fermentar.

Biodiesel

Biodiesel, es un segundo tipo de biocombustible líquido y en este caso puede reemplazar al diésel, derivado del petróleo. Este combustible se ocupa principalmente como energía en transporte, aunque también hay generadores eléctricos a base de diésel. El biodiesel, a diferencia del bioetanol, proviene de la transformación química de grasas. El proceso de fabricación se llama transesterificación y transforma un tipo especial de grasas que son los triglicéridos. Estos triglicéridos, son la base de los aceites vegetales y animales, pero no aceites lubricantes sintéticos de motores, que son a base de polímeros y no triglicéridos. Al igual que en el bioetanol, existen cuatro generaciones de este biocombustible. La primera generación, se obtiene de cultivos energéticos, es decir, campos donde se cultivan plantas con semillas oleaginosas como la maravilla o la soja. Al igual que para bioetanol, se ha debatido ampliamente si para resolver el problema energético corresponde utilizar tanta superficie fértil y agua para regadío que podría utilizarse para alimentación. La segunda generación de biodiesel, es el que se obtiene de residuos oleosos, como desechos de aceites desde cocinerías y, además, plantas oleaginosas pero que no se cultivan en tierras destinadas a alimentación, sino en terrenos desérticos o montañosos. Se han encontrado plantas que crecen por si solas en estos ambientes extremos que no pueden utilizarse para alimentación, pero si se pueden usar estas plantas por su aceite [4]. La tercera y cuarta generación al igual que con el bioetanol, se obtiene del cultivo de microalgas, las cuales pueden ser o no modificadas genéticamente. Las microalgas generan azúcares y aceites, por lo que las extracciones de estos dos componentes sirven para generar biocombustibles líquidos.

Hidrocarburos líquidos y gaseosos

Otros biocombustibles líquidos. Existe un proceso que ya tiene varios años, pero aún no se implementa de forma masiva por su alto costo. Este proceso es el de pirólisis de la biomasa. Si se usa biomasa vegetal o incluso polímeros (o plásticos) a temperaturas sobre 400°C, pero sin oxígeno, ocurre un proceso químico que se llama lisis térmica, o ruptura de moléculas químicas impulsada por la alta temperatura. Es decir, moléculas orgánicas que se encuentran en estructuras derivadas de la biomasa, como desechos de podas, rastrojos agrícolas, basuras o desechos sólidos orgánicos y algunas sustancias derivadas del petróleo como el plástico, al incubar a altas temperaturas, pero sin oxígeno, las grandes moléculas orgánicas empiezan a romperse y se transforman en hidrocarburos de bajo tamaño, como metano, propano, butano y otras moléculas combustibles. Estas moléculas que en un comienzo se liberan como gases, se condensan y se almacenan de forma líquida para su posterior uso y transporte [1].

Biocombustibles gaseosos

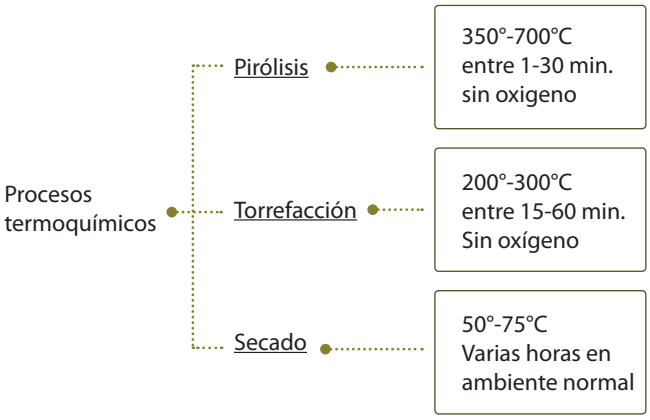
Biogás

Adicionalmente a los gases combustibles que se producen en el proceso de la pirólisis que se mencionó anteriormente, hay un gas combustible que se produce por un proceso de transformación de la biomasa, por un sistema completamente biológico, por lo que puede considerarse un biocombustible de forma incuestionable y es llamado biogás. El biogás es una mezcla de gases que se produce por un proceso llamado digestión anaeróbica, y

como principal componente está el gas metano, pudiendo ser usado para generación de energía eléctrica o térmica. Toda materia orgánica, sea líquida, sólida o semisólida, puede ser digerida anaeróbicamente por bacterias que se encuentran en la naturaleza. Este proceso se llama digestión anaeróbica debido a que la materia orgánica es transformada en un ambiente sin oxígeno, a moléculas pequeñas pero ricas en energía como metano o hidrógeno. A nivel mundial, este proceso se está utilizando para el tratamiento de todo tipo de residuos humanos, desde basuras orgánica sólidas como desechos de comida, excremento de animales y humanos, líquidos de lavados de industrias alimenticias, agropecuarias y lácteas, empresas productoras de aceites, etc. Cada uno de estos residuos se incuban en bioreactores diversos, muchos de los cuales aun están en investigación y otros ya han estados utilizándose por años. Dentro se desarrollan cierto tipo de bacterias que necesitan estar alejadas del oxígeno para vivir, y luego se incuba el residuo orgánico con las bacterias por varios días y como producto, se genera biogás que puede contener entre 50-75% de metano (mientras más metano, el biogás es de mejor calidad), un líquido llamado biol, el cual es un líquido con altos niveles de nitrógeno, fosforo ambos inorgánicos y otros nutrientes para plantas, por lo que este líquido se utiliza como fertilizante. Finalmente, también se genera un sólido o biosol, el cual se puede usar como reparador de suelos. Este sistema entonces, genera energía desde los residuos por lo que es de un sistema que se están instalando en todos los países desarrollados y varios en vías de desarrollo. Sin embargo, es imposible cambiar la matriz energética a este tipo de sistemas, ya que es menos eficiente que otros sistemas que generan energía, además que es más caro. Debido a los tiempos necesario para producción de biocombustible, a los costos asociados a la producción y a la eficiencia de este proceso, en discusiones políticas y económicas aun presenta algunos opositores, pero hay que dejar en claro que la digestión anaeróbica de residuos, no es un mecanismo para producir energía o biocombustibles, sino es un sistema para eliminar residuos orgánicos y que como valor agregado, produce biocombustibles y otros productos con valor agrícola importante [5].

Biohidrógeno

El biohidrógeno o hidrógeno producido por sistemas biológicos, es un combustible gaseoso muy interesante. Se combustiona igual que el metano o los gases licuados usados en cocina, aunque el calor que genera por litro es menor que el calor que se genera por litro de otros combustibles. La mayor ventaja de este combustible es que en la combustión de hidrógeno no genera gases de efecto invernadero como dióxido de carbono, sino solo agua. Adicionalmente, es tan liviano, que en un kilogramo de este gas hay mucha mas acumulación de energía que en un kilogramo de otros gases combustibles o incluso combustibles líquidos como la bencina. Quizá el mayor problema es la dificultad para almacenarlo, ya que es difícil transformarlo en líquido y por lo mismo es más difícil almacenarlo en balones como el gas licuado.



Esquema que muestra las diferencias en los procesos termoquímicos que se aplican a la biomasa para producir diferentes tipos de biocombustibles. Estos métodos, se aplican principalmente madera, desechos de jardines y parques municipales, rastrojos agrícolasy residuos forestales.

Este gas se puede producir por fenómenos fisicoquímicos, a partir de combustibles fósiles o incluso a partir del agua, en un proceso llamado electrólisis, aunque este proceso gasta energía y si uno analiza que debe gastar energía para producir nueva y, adicionalmente se conoce que la eficiencia nunca es del cien por ciento, implica que siempre se va a gastar más energía produciendo hidrógeno que la energía que luego va a entregar en su combustión, no es un proceso muy eficiente como fuente energética. Sin embargo, en los últimos años se ha puesto énfasis en la generación de hidrógeno por seres vivos como micro-algas, las cuales rompen moléculas de agua utilizando energía solar [6]. Adicionalmente, estas microalgas, se regeneran y reproducen y en eso supera a los sistemas no vivos y completamente tecnologizados. También se han visto a bacterias muy primitivas, que viven en ambientes libres de oxígeno (anaeróbicos) que también producen hidrógeno a partir de materia orgánica [7]. Como grandes fuentes de materia orgánica, al igual que para biogás, tenemos a los desechos agropecuarios y domiciliarios, como también residuos orgánicos de gran cantidad de empresas, lo que da a la generación de biohidrógeno no solo un rol energético, sino de eliminación de basura, o más bien, revalorización de residuos.

Bibliografía

[1] Ong H.C., Chenb W.H., Farooq A., Gana Y.Y, Leed K. &., Ashokkumar V,. Catalytic thermochemical conversion of biomass for biofuel production A comprehensive review. Renewable and Sustainabl e Energ y Reviews . Vol 113, 2019

[2] Barskov S., Zappi M. , Buchireddy P., Dufreche S., Guillory J., Gang D., Hernandez R., Bajpai R., Baudier J., Cooper R. & Sharp R., Torrefaction of biomass: A rewview of production methods for biocoalfrom cultured and waste lignocellulosic feedstocks. Renewable Energy vol 14; 2019. pp 624-642

[3] Castro-Martínez C., Beltrán-Arredondo L. & Ortiz-Ojeda J., Producción de biodiesel y bioetanol: ¿una alternativa sustentable a la crisis energética? Ra Ximhai Vol. 8, 2008.

[4] Salinas E. & Gasca V. Los biocombustibles. El cotidiano N° 157; 2009. pp 75-82

[5] Weiland peter. Biogas production: current state and perspectives. Applied microbiology and biotechnology. N° 85;, 2010. pp 849-860

[6] Show K.Y., Yan Y., Zong C., Guo N., Chang J.S. & Lee D.J. State of the art and challenges of biohydrogen from microalgae. Bioresourse technology. Vol 289, 2019.

[7] Thompson L.J., GrayV.M., Kalada B., Lindsay D., Reynolds K. y von Holy A. Biohydrogen production by Enterobacter cloacae and Citrobacter freundii in carrier induced granules. Biotechnology letters. N° 30; , 2008. pp 271-274

Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura participa en panel sobre ciudades inteligentes y vehículos autónomos

Entre 5 y 6 de junio la Fundación Transurbano llevó a cabo el '3er Encuentro Internacional de la Movilidad Urbana - Movilidad Integrada e Innovaciones en el Transporte' evento que contempla feria y conferencias que abordan las tendencias, tecnologías, conectividad y sustentabilidad en esta materia.

En el contexto del evento Transurbano 2019, realizado en el Centro Cultural Estación Mapocho entre el 5 y 6 de junio, Christian Nicolai, decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Central, participó en el panel denominado Smart City y Vehículos Autónomos con una presentación que tituló '¿Cómo aprovechar las oportunidades?'.

En su intervención, la autoridad universitaria abordó los distintos elementos que confluyen para poder determinar la inteligencia de una ciudad; variables como capital humano, medioambiente, gobernanza, planificación urbana, cohesión social, tecnología, economía, movilidad y transporte, entre otros, afirmó que son fundamentales para medir el nivel 'smart'. Al respecto, señaló que es esencial considerar las infraestructuras actuales y "la integración innovadora con sistemas de gestión inteligente de cara a lograr una adaptabilidad".

Un tema en el cual hubo consenso transversal, producto de los diversos estudios internacionales que dan cuenta de ello, es respecto a lo primordial del factor seguridad en términos de conducción bajo nivel de autonomía total de los vehículos. A propósito de ello, el decano de FINARQ comentó que "este efectivamente es un tema: el dato es que actualmente más del 90% a nivel mundial y alrededor del 97% en Chile de los accidentes de tránsito, ocurre por fallas del conductor".

"La ciudad es un sistema y se debe planificar como tal, existen responsabilidades compartidas, pero es necesario un 'gobierno de la ciudad' que va más allá del barrio, comuna o sector" aseguró Nicolai como parte de las recomendaciones antes de cerrar su intervención.

La actividad contó con la participación de otros cuatro panelistas, quienes abordaron avances, inversiones y temas de interés transversal en torno a los vehículos autónomos como lo es la seguridad y desde luego, el rol de la 5G en este contexto. Los expertos que formaron parte de este panel fueron: Loreto Porras, Gerente de Servicios y Usuarios del DTPM; Fernando Auat, experto en robótica y vehículos autónomos, investigador AC3E de la Universidad Técnica Federico Santa María; Cristián Navas, de la división de Transporte del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

La Universidad Central se hizo parte de esta instancia a través de Luis Riveros, decano de la Facultad de Economía, Gobierno y Comunicaciones, y también Presidente del Directorio de Fundación Transurbano, quien extendió la invitación al decano Nicolai por su trayectoria y como referente en temas de innovación y tecnología.

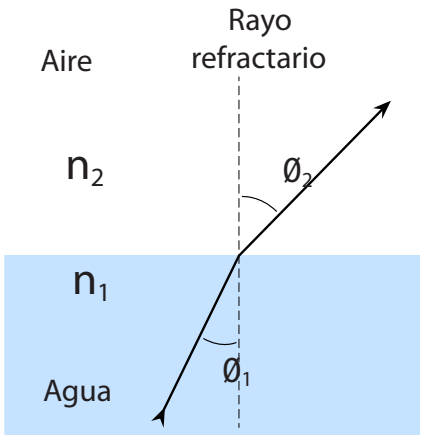
The Fantastic Four

Los cuatro fantásticos en: LA MUJER INVISIBLE Y SU PROBLEMA DE CEGUERA

Juan Luis Palma
Doctor en Ciencias con mención en Física

Muchas veces nos encantamos con las películas de ciencia ficción, o con los relatos que nos ofrece el mundo de los cómics, que hoy en día atrae a muchas más personas por sus universos cinematográficos. En esta sección de la revista Ingeniería al Día, en cada nueva edición analizaremos un tópico de nuestra cultura pop desde un punto de vista ingenieril y científico.

Hoy comenzaremos hablando sobre superhéroes y desde luego, partimos con un clásico: Los Cuatro Fantásticos (primer equipo de súper héroes creado por nuestro siempre recordado Stan Lee, en 1961), quienes, debido a una sobreexposición de rayos cósmicos obtuvieron súper-poderes: súper elasticidad del Sr. Elástico, Reed Richards, el cual podemos discutir desde un punto de vista de la física no lineal; de la antorcha humana, Johnny Storm, a quien se puede evaluar desde un punto de vista de física de plasma; de la mole, Ben Grimm, de quién podríamos argumentar sus movimientos con las herramientas que nos entregan los primeros cursos de física; y de la mujer invisible, Susan "Sue" Storm-Richards, heroína que analizaremos desde la perspectiva de las ondas electromagnéticas y del sentido de la visión.



La línea negra representa un rayo de luz que viaja a través de un medio (agua) y pasa a un nuevo medio (aire). Ambos medios tienen un índice de refracción distinto (n2 y n1 respectivamente) lo que hace que cambie la velocidad de propagación de la luz, y ocurra el efecto de refracción. En terminos prácticos, lo que observamos es una discontinuidad del objeto, como el lápiz mostrado dentro del vaso.

Lo primero es lo primero: ¿qué necesita la mujer invisible para ser invisible? Es decir, ¿qué cambia en su materia que la hace invisible? Para entender esto, lo primero que debemos comprender es como se propaga la luz. La información que nosotros recibimos a través de nuestros ojos son simplemente rayos de luz que han rebotado en un objeto, y han sido reflejados o refractados por este objeto. Entonces, la visión se trata solamente de la recepción de los haces luminosos que vienen desde ciertos objetos. Por lo tanto, para que un objeto sea invisible, es necesario que no refleje ni refracte luz.

Los cambios de velocidad que experimenta la luz se deben a lo que se denomina el índice de refracción, que es (por así decirlo) una especie de "densidad óptica". Este número es n1=1 para el aire, y n2=1.33, lo que quiere decir que la luz viaja 1.33 veces más rápido en el aire que en el agua.

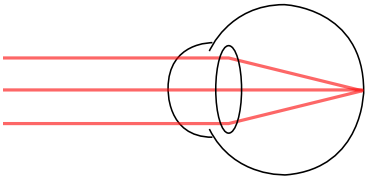
Entonces existe una desviación de la luz, que viene dado por una ley que se conoce cómo la Ley de Snell.

Si un objeto no es transparente, bueno, la luz choca en él y el objeto simplemente no deja pasar la luz, reflejándola.

"El concepto de reflejar, es un concepto fácil de entender, porque está arraigado a nuestro conocimiento, y es un acto que usamos casi a diario, o los más vanidosos lo usan muchas veces al día. Una luz reflejada, es el efecto que nos permite mirarnos al espejo, o en un charco de agua. Pero ¿Qué es la refracción? Para entender esto, pensemos en un vaso de agua al cual le introducimos un lápiz, justo en la interfase de agua aire, se aprecia un efecto de refracción, donde se puede apreciar que el lápiz no sigue la línea recta que debiese y se ve oblicua, con un cambio de dirección. Este cambio de dirección se debe a que la luz <<que está rebotando en el lápiz y que sale de un medio a otro (desde agua a aire)>> cambia su velocidad de propagación en el medio. Es decir, la luz se mueve con una velocidad en el aire y con otra velocidad en el agua"

Por lo tanto, para que la mujer invisible, se haga invisible debe igualar el índice de refracción de su cuerpo con el del aire, así los rayos de luz pasarían a través de ella sin ser reflejados ni refractados.

Pero aquí nos surge un problema, ya que la refracción es una parte esencial para el correcto funcionamiento de nuestra vista. Ya que dentro de nuestro ojo tenemos un lente (biconvexo) llamado cristalino, que está justo detrás del iris, y que es el encargado de refractar la luz para que podamos



hacer enfoque de los rayos en la parte posterior de nuestros ojos, llamada retina. El cristalino entonces, tiene un índice de refracción distinto al del aire, lo que nos permite cambiar la dirección de la luz y hacer que todos los rayos que entran por nuestros ojos se enfoquen en un punto en particular. Si ese punto se enfoca muy atrás o muy adelante, da paso a las enfermedades ópticas de hipermetropía y de miopía respectivamente. Entonces, la mujer invisible al hacerse invisible, deja su cristalino con el índice de refracción del aire, por lo cual no puede enfocar, porque no puede refractar los haces de luz, y entonces se vuelve ciega.

Como era de esperarse, los escritores de cómics ya habían pensado en esto, de hecho, fue una inquietud de los fans hasta fines del año 2002. La edición "The Fantastic Four 62" de diciembre, reveló el mecanismo de cómo la mujer invisible puede ver, y se trata del efecto de fotoconductividad de los conductores, pero ¿de qué va esto?

La fotoconductividad es un fenómeno óptico y eléctrico en el que un material se vuelve un mejor conductor eléctrico debido a la absorción de radiación electromagnética, pudiendo esta ser: luz infrarroja, luz ultravioleta, luz visible.

Pues empecemos por entender que las moléculas que forman nuestro cuerpo tienen la capacidad de absorber y reflejar luz, y que un poco de melanina puede aumentar esta absorción haciendo que nuestro tono de piel cambie. Esto se logra moviendo un poco el espectro de absorción de energía, y Sue puede mover el rango de absorción de sus células de tal manera que toda la óptica ocurra en el ultravioleta pero no en el espectro de luz visible.

Entonces, los ojos de Susan funcionan igual que los nuestros, pero con un espectro ultravioleta. Es decir, ella puede ver estas emisiones, pero no los mismos colores que vemos nosotros, ya que su espectro no es un arcoíris. Si pensamos en una ventana, esta refleja los UV y transmite la luz visible, por lo que nosotros la vemos transparente, pero la mujer invisible la verá muy oscura. Con un poco de práctica, esto no debiese ser un problema. Entonces, Sue no es ciega, pero su forma de visión nos deja pensando casi de manera filosófica.

"El espectro energético va desde las ondas térmicas pasando por el espectro visible (los colores que vemos cuando la luz se refleja en un CD) hasta llegar al ultravioleta, que es el más energético."

En el ejemplar 64 de diciembre del 2002, Mark Waid, nos dice que Sue va detectando los rayos cósmicos que reflejamos, y que son invisibles a nuestra vista. El mecanismo propuesto por Waid, es correcto, mientras que la fuente de emisión de energía es incorrecta. Ahora sabemos que podrían ser los rayos ultravioletas.

En definitiva, el problema que nos propuso la física bien entendida, pudo ser resuelto por la misma física bien explicada. De seguro no será la única vez que pongamos en jaque los conceptos que se utilizan en los cómics, o películas de ciencia ficción, sin embargo, lo fascinante es la discusión que se puede dar entre fantasía y realidad, donde la ciencia es la gran protagonista.

PRONÓSTICOS DE VENTAS UTILIZANDO **BOX-JENKINS** Y **REDES NEURONALES** PARA UNA INDUSTRIA DEL SECTOR GRÁFICO

Cristian Quero Varas
Magíster en Ingeniería Industrial

Omar Carrasco Carvajal
Magíster en Economía Financiera.

La presente investigación realiza proyecciones utilizando como base las series de tiempo de venta de tres productos de la industria gráfica. Para estimar las proyecciones se utilizan dos metodologías Box Jenkins (ARIMA) y Redes Neuronales. Los productos proyectados son representativos de la industria gráfica y se encuentran en diferentes etapas de ciclo de vida, se selecciona el mejor modelo de proyecciones utilizando el indicador de los Errores Cuadráticos Medios. Se concluye con el estudio que los modelos de redes neuronales son capaces de capturar de mejor manera la características de la serie de tiempo teniendo un mayor grado de precisión en sus proyecciones, siendo en promedio un 40% más precisos que los modelos ARIMA. Esta investigación aporta a la gestión de la toma de decisiones de compras y presupuestos para una empresa de la industria gráfica y además facilitar una herramienta de proyección para el sector más sencilla.

Palabras claves: ARIMA, Redes Neuronales, Box Jenkins, Pronóstico de Demanda.

Introducción

Los pronósticos de ventas son claves para las compañías ya que les permiten tomar decisiones sobre las acciones que deberían seguir en el futuro tanto de corto y largo plazo. Además de visualizar las potenciales inversiones para la compañía, a partir de las proyecciones que generan cargas de trabajos y distribución de ellas.

Para lograr una proyección de una serie de tiempo (ventas en el tiempo) como la que se muestra más abajo, existe una amplia gama de investigaciones sobre distinto métodos de predicción de demanda fundamentalmente estadísticos como son los tradicionales, entre los que destacan los modelos ARIMA por sus siglas en Ingles (Autoregressive integrated moving average) los cuales han sido ampliamente estudiados y utilizados en la proyección en el ámbito de las finanzas y la economía debido a que son altamente eficientes en manejar series de datos no estacionarias como por ejemplo en pronóstico de precios de la electricidad [1], pero dado que en la realidad la linealidad es muy difícil de encontrar no parece ser muy razonable asumir de antemano que una serie de tiempo en particular, es generada por un proceso lineal, cuando en el mundo real los sistemas son regularmente no lineales [2]. Debido al comportamiento no lineal que presenta un pronóstico de ventas, las redes neuronales artificiales, ANNs, por sus siglas en inglés (Artificial Neural Networks) son un excelente candidato para la predicción de esta estimación. Las ANNs son usadas en modelos y sistemas altamente no lineales [3]. Otra característica importante en las redes neuronales artificiales o RNA empleadas para pronósticos, es que los datos no deben de ser analizados para probar el supuesto de tendencia o estacionalidad en la serie de tiempo previo a la realización del pronóstico [4], no requiere establecer el patrón de comportamiento de la serie de tiempo para establecer para que un pronóstico sea eficiente, esto les entrega una gran ventaja sobre los modelos tradicionales de series de tiempo. Actualmente la gran mayoría de las compañías están en la búsqueda de los algoritmos más sencillos que permitan pronosticar de manera rápida y confiable la demanda futura para un producto o grupo de estos.

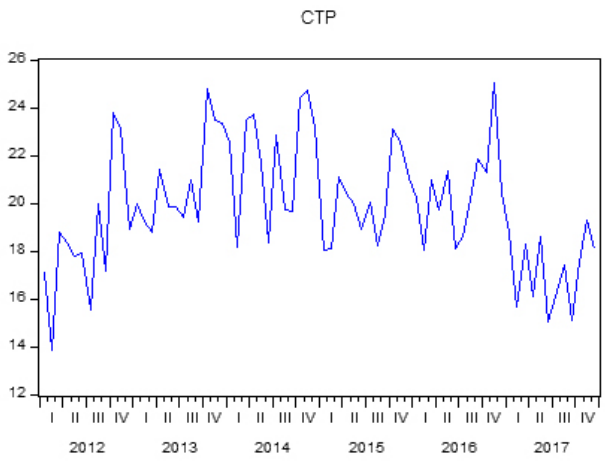


Figura 1
Serie de Tiempo: Ventas por mes

Desarrollo

En este trabajo, tal como se mencionó, se abordan el uso de 2 metodologías para generar proyecciones, la primera es ARIMA (p, d, q) que plantea una ecuación general y selecciona aquélla que cumpla inicialmente con la estacionariedad y genere ruido blanco en los errores del modelo proyectado, tal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$X_t^d = C + \emptyset_1 X_{t-1}^d + \cdots + \emptyset_p X_{t-p}^d + \theta_1 \varepsilon_{t-1}^d + \theta_2 \varepsilon_{t-2}^d + \cdots + \theta_1 \varepsilon_{t-1}^d + \theta_q \varepsilon_{t-q}^d + \varepsilon_t^d$$

AR(p) MA(q)

Ecuación 1

Demostración de modelo ARIMA

Donde *p* denota el número de términos autoregresivos, d el número de veces que la serie debe ser diferenciada para hacerla estacionaria y q el número de términos de la media móvil invertible [11]. Por otro lado las Redes neuronales Artificiales (RNA) se originaron basándose en el modelamiento matemático de cómo funciona el cerebro en los humanos. Las neuronas biológicas proporcionan la transmisión de señales eléctricas que son recibidas como entradas, y cuando estas señales llegan a cierto nivel la neurona se activa y las señales toman un camino y generan una salida. Una neurona artificial (véase la figura 2) simula el comportamiento de una neurona biológica. [13] desarrollaron el primer modelo de neurona artificial en 1943. Las RNA consisten en un conjunto de neuronas o nodos interconectados. Cada nodo está asociado con un conjunto de pesos o ponderaciones y puede ser visto como una unidad de cálculo. La función de activación es una función no lineal. Las conexiones determinan el flujo de información entre los nodos. Mediante el ajuste de los pesos de los nodos, se puede obtener el rendimiento específico o deseado para un determinado conjunto de entradas. Los pesos se ajustan mediante un algoritmo de aprendizaje y a este proceso se llama entrenamiento o aprendizaje.

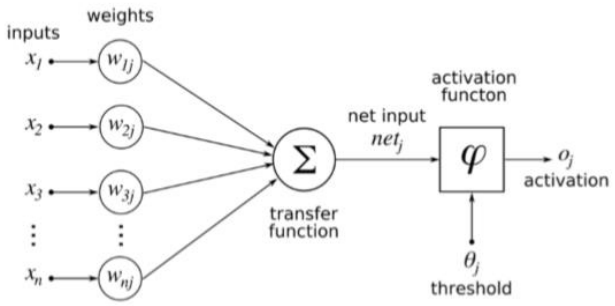


Figura 2

Proceso básico de neurona, Fuente "https://commons.wikimedia.org/wiki/User:Chrislb," [Online].

Explicación Redes Neuronales

Para comenzar se debe realizar un análisis del sistema que ha de utilizar esta red neuronal, identificando variables de entrada y salida, así como la obtención de los datos observados para el conjunto de datos de entrenamiento y de validación de la red. Posteriormente se deben revisar los datos en búsqueda de datos erróneos para el escenario del sistema, además, estos datos han de ser normalizados para optimizar el aprendizaje de la red neuronal. Una vez conseguido, se procede a diseñar la red neuronal con sus respectivas neuronas de entrada, salida y en capa(s) oculta(s), definiendo parámetros iniciales para el entrenamiento. Una vez desarrollada la red, se debe entrenar con el primer conjunto de datos para su optimización de parámetros como de estructura interna para encontrar el modelo óptimo mediante la reducción de la raíz del ECM o RMSE (Error cuadrático medio). Una vez entrenada la red, esta debe ser validada para certificar que es capaz de funcionar con valores no vistos antes, mediante el conjunto de parámetros validados. Para el periodo de entrenamiento se entregaran los datos de los periodos correspondientes desde 01-2012 hasta 12-2017 y se deja el periodo correspondiente de enero a junio 2018 para la comparación de los pronósticos. La red neuronal a implementar corresponde a un modelo auto regresivo [20]que requiere de entrada 12 meses de información y que posee como salida la predicción de 6 meses posteriores. Con esta información se puede definir la red neuronal como un perceptron multicapa con una arquitectura de 12x12x6, es decir, 12 neuronas en la entrada, 12 neuronas en capa oculta y 6 neuronas en la capa de salida según se recomienda en [21]. Los parámetros utilizados para el entrenamiento corresponden a α = 0, 001 y un total de 4000 épocas para un correcto aprendizaje de la red, este último es alto debido a la baja cantidad en los datos presentados según recomendaciones en [19].

A continuación se muestran los resultados obtenidos para seis meses con las dos metodologías para una de las líneas de productos, seleccionando aquél de menor RMSE, siendo en este caso el de Redes neuronales:

Año	Mes	Ventas Mt2 CTP	Proyección T+1 RNA	Proyección T+2 RNA	Proyección T+3 RNA	Proyección T+4 RNA	Proyección T+5 RNA	Proyección T+6 RNA	ARMA (1,1, 12, 12, 13) Binarias
2	Enero	16.972	17.791	18.369	18.654	17.447	17.745	17.250	19.615
0	Febrero	16.193		17.713	18.333	15.495	17.671	15.797	17.523
1	Marzo	15.124			18.592	18.295	16.769	16.380	20.445
8	Abril	17.793				18.827	18.945	18.196	20.645
	Mayo	15.869					18.594	19.439	20.263
	Junio	9.784						18.106	18.195
		RMSE	818	1.459	2.545	1.720	1.688	3.741	4.748

Tabla 1

Registro comparativo de la actividad para el Proyecto 3.

Conclusiones

En esta investigación se puede concluir que existen diferencia entre la metodología de Box Jenkins y la utilización de redes neuronales para esta industria: entre ellas se destacan que para trabajar con redes neuronales no es necesario probar ninguna distribución en los datos de origen, estos pueden o no tener correlación y pueden ser trabajados en nivel. Lo anterior se cumple porque las RNA aprenden sobre sus mismos datos y su propio comportamiento dando una gran ventaja ya que son técnicamente mucho más eficientes y requieren un nivel de recursos mucho menor. Buscando probar este mismo punto para esta investigación se utilizó la misma arquitectura en la red neuronal para las tres series de datos, arrojando buenos resultados en todos los casos, esto prueba que en términos técnicos, de fiabilidad de los pronósticos las redes neuronales que actúan con inteligencia artificial son más eficientes y pueden ser usada para distintas series sin necesidad de generar nuevas pruebas. Las compañías quedan con una herramienta que les facilita aumentar su nivel de servicio, bajar sus niveles de inventario con un menor costo operacional, en virtud que pueden generar proyecciones con mayor grado de certeza a un menor costo operacional. En el futuro sería importante utilizar este estudio como base y generar una mayor cantidad de pruebas con series de datos que posean distintos comportamientos, permitiendo probar que la arquitectura de red neuronal utilizada para esta investigación sea capaz de predecir de manera eficiente y con bajos niveles de error, entregando herramientas de proyección de demanda con buenos niveles de precisión pero con niveles de esfuerzo de recurso bastante menores que en la actualidad.

Bibliografia

[1] M. Zheng, Z. Yan, Y. Ni, G. Li y Y. Nie, "Pronóstico de precios de la electricidad con la confianza de intervalo estimación a través de un enfoque ARIMA extendida" IEE proceso- generación, transmisión y distribución, vol. 153, 3, pp 187 - 195, 2006.

[2] ZHANG G., PATUWO B. E., HU M. Forecasting with artificial neural networks: the state of the art. International Journal of Forecasting, v. 14, p. 35-62, 1997.

[3] Azadeh, A., Sheikhalishahi, M., Shahmiri S. (2012) A hybrid neuro-fuzzy simulation approach for improvement of natural gas price forecasting in industrial sectors with vague indicators. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. Springer Link. Volume 62, Issue 14, pp 15-33.

[4] Ruelas y Laguna, (2013)Comparación de predicción basada en redes neuronales, p.91-105.

[5] CHU, C. ZHANG, G. A comparative study of linear and nonlinear models for aggregate retail sales forecasting. International Journal of Production Economics, v. 86, p. 217-231, 2003.

[6] Michael Gilliland, Analytics Magazine "The Business Forecasting Deal", (2011).

[7] Fildes, Goodwin Good and Bad Judgment in Forecasting: Lessons from Four Companies (2007)

[8] Charlie Chase, how machine learning is disrupting demand planning, (2018).

[9] Tom Gruber, Co-creador de Siri (TED Talk, 2017).

[10] Moghram y S. Rahman, "Análisis y evaluación de cinco a Corto Plazo de carga Forecasting Técnicas" IEEE Transactions on Power Systems, vol. 4, no. 4, pp. 1484-1491, noviembre 1989.

[11] Jhon Villavicencio " Introducción a series de Tiempo) Pagina 19, 1997.

[12] Stuart J. y P. Norvig, inteligencia artificial - un enfoque moderno, Prentice Hall, 1994.

[13] McCulloch y Pitts , Threshold Logic Unit (TLU), o Linear Threshold Unit, 1943.

[14] Enders, W. 2004. Applied econometrics. Time series. John Wiley and Sons. Hoboken New York. USA

[15] Gujarati, D. N., Porter, D. N. 2010. Econometría. 5ta ed. Mc Graw-Hill. México, D. F.

[16] Ngurah Agung, I. G. 2009. Time series data analysis using eviews. John Wiley & Sons. Singapore.

[17] Evans, M. K. 2003. Practical business forecasting. Blackwell Publishers. Malden Massachussets USA.

[18] Pindick, R. S., Rubinfeld, D. L. 2001. Econometría modelos y pronósticos. 4ta ed. Mc GrawHill. Mexico D.F.

[19] C. M. Bishop, Neural networks and their applications. Aston University, Birmingham, United Kingdom, 1994.

[20] G. Peter Zhang, Min Qi Neural network forecasting for seasonal and trend time series. pp. 501-514 European Journal of Operational Research 160,2005.

[21] Z. Tang, C. de Almeida, P.A. Fishwick, Time series forecasting using neural networks vs. Box- Jenkins methodology. University of Florida, Gainesville, United States, 1991.

Solmáforos: dispositivos desarrollados por estudiantes de Ingeniería y Tecnología Médica

Las mediciones realizadas por los aparatos (solmáforos), tienen mayor repercusión durante la época estival, a propósito de las alzas en la temperatura y mayor radiación UV.

Producto del trabajo desarrollado a través de un proyecto de Vinculación con el Medio (VCM) durante 2018, cuyo objetivo es la medición de parámetros de radiación UV con arduinos, estudiantes de las 6 carreras de la Escuela de Ingeniería y de Tecnología Médica, conjuntamente con los docentes Nelson Sepúlveda y Juan José Díaz, amplían el alcance de los parámetros medibles con estos dispositivos, hacia otros ámbitos relacionados a la contaminación y datos cuantitativos derivados de ello.

Sepúlveda, explicó el contexto y comentó que "durante el 2018 nos adjudicamos los fondos concursables de VCM, en proyectos que hemos venido desarrollando en conjunto entre Ingeniería y Ciencias de la Salud, esto por medio de proyectos entre estudiantes de ambas disciplinas, y estudiantes de colegios de la Región Metropolitana".

Asimismo, el catedrático explicó que los solmáforos son sistemas programados a través de la tecnología arduino, que sirven para medir variaciones en temperatura y nivel UV y, a través de luces de colores (como las de un semáforo) muestra las alertas según su intensidad, con la finalidad de fomentar una cultura preventiva y orientada al autocuidado.

En este sentido, el ingeniero agregó que "un aparato, que permita a través de algo tan simple como la lectura de un semáforo reconocer el nivel de radiación solar, sin duda ayuda de forma directa a promover el autocuidado en la población más expuesta que son los niños y adolescentes".

Por su parte, el profesor Díaz complementó los dichos de Sepúlveda, refiriéndose a las precauciones necesarias propias del verano, a saber: "estimular la prevención y el autocuidado en personas expuestas a los rayos UV como los temporeros, aseadores de parques y calles, obreros en fábricas; quienes deben utilizar elementos de protección como bloqueadores solares de alto factor y gorros protectores con extensión en el cuello".

En esa misma línea, Díaz enfatizó sobre la relevancia de que, en las vacaciones, en las playas y durante actividades al aire libre, "se debe evitar la exposición excesiva a los rayos UV directos en horarios comprendidos desde las 11 a las 16 horas". También recalcó la importancia de hidratarse constantemente.

La dinámica de construcción de los solmáforos, se originó en la cátedra de Electricidad y Magnetismo, como un proyecto integrador con Ciencias de la Salud, allí se capacitaron a estudiantes de liceos y se construyeron los equipos en conjunto, los cuales hoy se encuentran en dependencias de la Universidad. Además, Sepúlveda adelantó que "recorreremos parques y plazas, promoviendo el autocuidado; la tarea es educar por medio de la intervención urbana, con tecnologías de bajo costo".

Aprendizaje por **refuerzo continuo** y **retroalimentación interactiva**

Ángel Ayala
Ingeniero en Computación.

Claudio Henríquez
Magíster en Ingeniería Informática.

Francisco Cruz
Doctor en Ciencias de la Computación.

Las investigaciones en el área de sistemas inteligentes han permitido encontrar varios métodos para que una máquina pueda obtener conocimiento, uno de éstos corresponde a aprendizaje por refuerzo. El problema de este método es el tiempo que requiere para aprender a resolver un problema, por lo que este trabajo aborda el enfoque de aprendizaje por refuerzo interactivo como una manera de solución para el entrenamiento de agentes robóticos. Por otra parte este trabajo aborda los problemas desde una representación continua además del enfoque interactivo. Para esto se experimenta con entornos simulados que poseen diferentes representación en su vector de estado para mostrar la eficiencia de este enfoque bajo una determinada probabilidad de interacción. Los resultados obtenidos evidencian una convergencia mayor del aprendizaje en términos de la recompensa acumulada por los agentes, demostrando la eficiencia del enfoque presentado.

Introducción

En la actualidad la tecnología nos ha brindado la posibilidad de ejecutar tareas repetitivas y de gran esfuerzo gracias a mecanismos robóticos programados para realizar una actividad en específico, por ejemplo, en una fábrica de producción lineal existen una variedad de estructuras robóticas, ubicadas una después de la otra, que complementan sus funciones para elaborar un producto específico. Sin embargo, existen actividades de mayor complejidad que los sistemas de producción en línea no son capaces de realizar bajo una metodología clásica de desarrollo de algoritmos [1], y se hace necesaria la implementación de técnicas de inteligencia artificial, que proporcionen el conocimiento necesario al sistema para la ejecución de tareas [2].

Los algoritmos de aprendizaje por refuerzo o *Reinforcement Learning* (RL), son un acercamiento computacional de aprendizaje desde la interacción, el cual está enfocado en aprendizajes mediante interacción orientados por objetivos [3]. Estos algoritmos brindan la capacidad para que los robots (o sistemas automatizados) puedan ejecutar tareas de mayor complejidad debiendo, tal como los humanos, aprender a ejecutarla para conseguir el objetivo. Sin embargo, estos algoritmos poseen un problema de rendimiento, los cuáles pueden derivar en una implementación costosa en la cantidad de tiempo empleado para alcanzar el aprendizaje [1].

En este trabajo se presenta un algoritmo como extensión del enfoque de RL que permite la interacción con otro agente utilizando un vector de estado continuo llamado aprendizaje de refuerzo interactivo o *Interactive Reinforcement Learning* (IRL). Hemos implementado un escenario simulado para probar los algoritmos propuestos. Aunque el enfoque de IRL acelera el proceso de aprendizaje de RL clásico, existe una motivación adicional para explorar otras características para mejorar la convergencia utilizando IRL mediante una representación de estado bajo dominio continuo.

Aprendizaje por refuerzo y enfoque interactivo

Aprendizaje por refuerzo o *Reinforcement learning* (RL) [3] que en sus inicios posee dos aristas principales, una hace referencia a la psicología animal definiendo el aprendizaje como el resultado del ensayo y error, y el segundo, a la solución del problema de control óptimo mediante funciones de valor y programación dinámica. Sin embargo, aparece luego una tercera arista que involucra métodos de diferenciación temporal, que da inicio al campo moderno de RL.

El método de RL es cualquier manera efectiva de resolver problemas de *Markov decision processes* (MDP), que poseen una estrecha relación con los problemas de control óptimo, donde la programación dinámica permite acercar el aprendizaje mediante la iteración sucesiva de aproximaciones a la respuesta correcta. La definición de RL está basado en el principio de *Law Effect* (Ley de Efecto) [4], el cual establece que: de muchas respuestas efectuadas frente a la misma situación, aquellas que conllevan una satisfacción mayor para el animal, permitirá un fortalecimiento entre la acción y la situación, lo que aumenta la probabilidad en que éste repita dicha acción para esa situación, así su contraparte, si su respuesta conlleva malestar, se debilita este lazo entre acción y situación, disminuyendo la probabilidad en que vuelva a ocurrir.

Basándose en el contexto de aprendizaje animal, el término refuerzo aparece posterior al principio de Thorndike de Ley de Efecto, que establece el fortalecimiento de patrones de conducta como el resultado de un animal que recibe un estímulo en una relación temporal con otro estímulo o respuesta, donde algunos psicólogos amplían el concepto con el debilitamiento de estos patrones, que generan un cambio en el comportamiento [3].

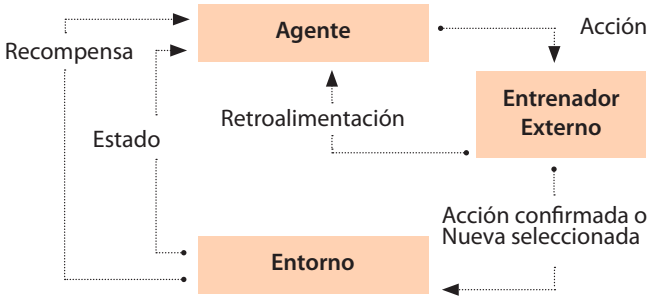


Figura 1

Diagrama de Aprendizaje por Refuerzo Interactivo mediante configuración de política

La idea de ensayo y error, bajo un acercamiento computacional, aparece por primera vez en un reporte de 1948, en el que Alan Turing describe un diseño de "pleasue-pain system" (sistema de placer dolor) que funciona bajo el principio de la Ley de Efecto: "Cuando se alcanza una configuración para la que la acción es indeterminada, se realiza una selección aleatoria de los datos faltantes y se realiza la entrada apropiada en la descripción, tentativamente, y se aplica. Cuando el estímulo del dolor ocurre, todas las entradas tentativas se cancelan y cuando ocurre un estímulo del placer, se hacen permanentes.", traducido [5].

Procesos de decisión Markoviano

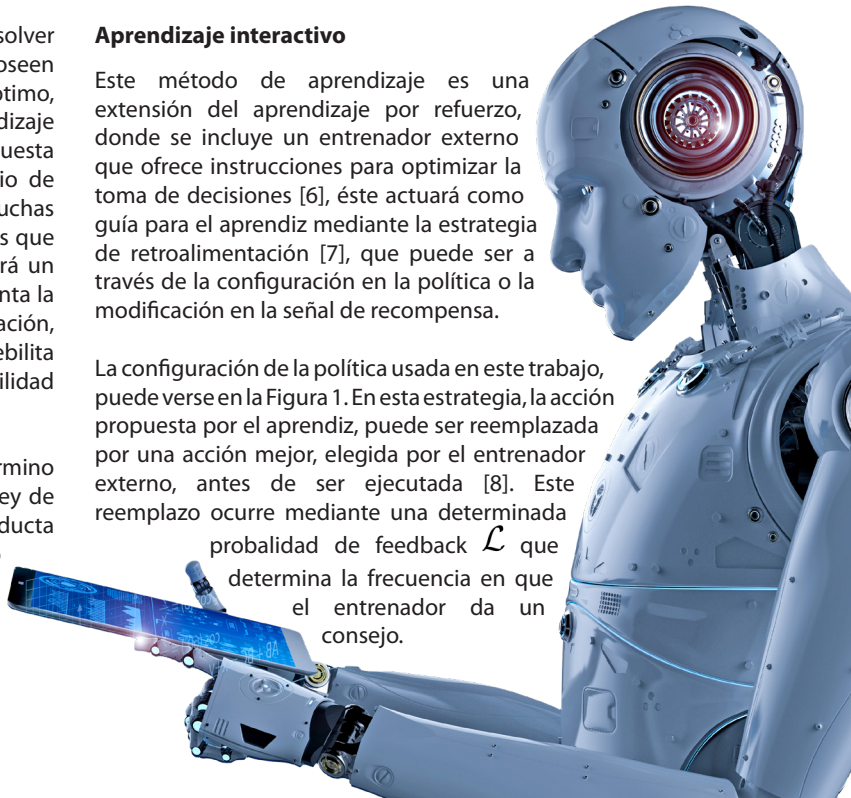
En *Markov decision processes* (MDP), el vector de estado obtenido desde el entorno debe proveer toda la información necesaria [3], como las mediciones de los sensores, pero puede contener mucho más que esto. Esta representación de estado puede ser una estructura compleja compuesta por una secuencia de sensaciones. A esto se le llama *Markov property*.

Con esta representación de estados se puede implementar una interfaz de agente-ambiente, en donde el actor o agente interactúa con su entorno [3] para llevar a cabo una tarea. sta interacción se efectúa mediante una función de transición que, para determinada acción ejecutada por el agente, modifica el entorno observable que a su vez le entrega una señal de recompensa. Con esto se establece que para resolver un MDP mediante RL, este debe poseer un espacio de estados, acciones, una función de transición y una función de recompensa.

Aprendizaje interactivo

Este método de aprendizaje es una extensión del aprendizaje por refuerzo, donde se incluye un entrenador externo que ofrece instrucciones para optimizar la toma de decisiones [6], éste actuará como guía para el aprendiz mediante la estrategia de retroalimentación [7], que puede ser a través de la configuración en la política o la modificación en la señal de recompensa.

La configuración de la política usada en este trabajo, puede verse en la Figura 1. En esta estrategia, la acción propuesta por el aprendiz, puede ser reemplazada por una acción mejor, elegida por el entrenador externo, antes de ser ejecutada [8]. Este reemplazo ocurre mediante una determinada probalidad de feedback $\mathcal{L}$ que determina la frecuencia en que el entrenador da un consejo.



Aprendizaje por refuerzo continuo

En RL convencional, la mayoría de las veces, solo se consideran MDP con vectores de estados y acción bajo un dominio discreto [9], sin embargo, en muchas aplicaciones del mundo real la discretización del espacio no es muy útil, ya que la generalización se hace más difícil de experiencias pasadas y el aprendizaje se vuelve lento. Una manera para aprender desde un dominio continuo es Q-learning [10], que provee al agente la capacidad de aprender a actuar de manera óptima mediante la experiencia de las consecuencia de las acciones ejecutadas. Es un método incremental de programación dinámica que mediante sucesivas actualizaciones mejora la calidad de determinadas acciones para determinados estados.

Además, otro enfoque es un algoritmo capaz de manejar un espacio continuo de estados y acciones es el Continuos Actor-Critic Automaton (CACLA) que posee la habilidad de encontrar soluciones reales continuas, una mejor generalización de las propiedades y una rápida selección de acción como se muestra en [11].

Escenario experimental

El escenario está basado en el péndulo invertido (véase Figura 2), que requiere un controlador basado en retroalimentación de circuito cerrado, cuyo comportamiento debe balancear un poste conectado a un carro dirigido por motores. El movimiento del carro está restringido a un movimiento de un eje horizontal mediante una pista, y el poste es libre de moverse en este eje a través de un pivote [12].

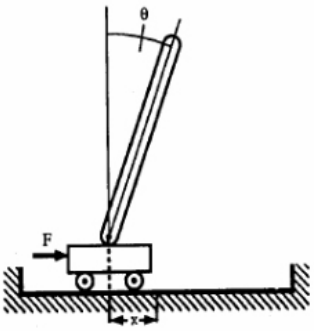


Figura 2

Ilustración del péndulo invertido, desde [12]

Péndulo invertido MDP

Para la implementación de los algoritmos de RL se definen los siguientes elementos según la definición de su MDP:

- **Estados:** El vector de estado posee una representación continua conformado por $< x, x', \theta, \theta' >$, correspondientes a la posición del carro respecto al centro de la pista, la velocidad del carro, el ángulo de inclinación del poste con el carro, y la velocidad angular del poste, respectivamente.

- **Acciones:** Las acciones poseen una representación discreta que corresponden a la dirección en que se debe mover el carro en la pista, izquierda que ejerce la fuerza en un sentido o derecha que ejerce una fuerza en sentido contrario.

- **Función de Transición**: Para obtener una variación del vector de estado, se debe aplicar una fuerza al carro de magnitud constante obtenida de una ecuación que posee las cuatro variables de entradas al sistema. La variación se obtiene mediante el uso de ecuaciones diferenciales propias del modelo físico del entorno [12].

- **Función de Recompensa**: Mientras el agente mantenga el poste en sentido vertical se le entregará una recompensa igual a 1, y si a éste se le cae, o traspasa los límites de la pista, la recompensa es igual a 0.

Diseño e implementación de los agentes

Para el entorno mencionado anteriormente, una simulación es configurada en donde, los agentes implementados deben ser capaces de obtener una alta recompensa durante el progreso del episodio. Para este problema del péndulo invertido, se implementan dos agentes, uno capaz de interactuar mediante un vector de estados discreto, y otro mediante un vector de estados continuo.

Para los diferentes agentes, es necesario diseñar la manera en que se decide la acción a efectuar en su entorno donde se requiere un balance óptimo entre explotación y exploración del espacio de acciones, para lo cual la información disponible para esta decisión depende de las acciones tomadas con anterioridad. Con esto el agente debe explorar el espacio de acción compensando las buenas acciones ya exploradas con otras que nunca intentó [2]. Para la solución de esta compensación entre explotación y exploración, se implementa el método ϵ-greedy, que posee un factor de exploración ϵ seleccionado aleatoriamente desde una distribución normal [1], esta estrategia en general converge en una mayor recompensa sin quedar atrapado en un mínimo local [3].

Para un primer acercamiento a este algoritmo se implementa el método off-policy Q-learning [13], este método de aprendizaje le permite al agente la capacidad de actuar de manera óptima, mediante la experiencia de la consecuencia de las acciones sin la necesidad de construir un mapa del dominio Markoviano.

Enfoque interactivo

Un primer acercamiento para IRL es mediante la implementación de un agente externo, el entrenador, que retroalimenta con una selección de acción según su configuración de política, a un segundo agente dada una determinada probabilidad $\mathcal{L}$. Dicho lo anterior, el desarrollo del algoritmo extiende el agente RL, modificando la forma en que selecciona la acción involucrando la política del entrenador como se muestra en el algoritmo 1. Esta implementación se efectúa para los agentes de los dos entornos en sus respectivas representaciones.

Algorithm 1 Agente IRL

function SELECCIONARACCION (S_t)
  if valor Aleatorio < $\mathcal{L}$ **Then**
    $a_t \leftarrow$ función de valor del agente entrenador para s_t
  else
    $at \leftarrow$ selecciona acción según política propia para s_t
  return a_t

Representación discreta

Un primer acercamiento para la implementación del algoritmo para el péndulo invertido es abordar su representación discreta, para simplificar la complejidad en encontrar una política óptima de aprendizaje. Dado que el vector de estado para el sistema corresponde a valores continuos, se debe discretizar en rangos con límites superior e inferior. El enfoque BOXES [14], divide el espacio de estados del sistema en regiones discretas llamadas particiones o boxes que reduce la complejidad del problema, con esto el método actualiza la acción para cada partición (box).

En la implementación de Q-learning [13] para este tipo de representación, se genera una matriz Q que almacena la recompensa obtenida para cada par de estado acción, permitiendo la simplificación en la estimación de la función de valor, validando que "tan buena" es la acción tomada dado un determinado estado, esta definición de "bueno" está basado en términos de la recompensa o retorno esperado para una determinada política [3], la implementación del agente discreto se puede observar en el algoritmo 2.

Algorithm 2 Agente Discreto

1. Inicializar matriz Q con valor uniforme [-1,1]
2. **for** Episodio = 1, M **do**
3. Observar s_0 desde el entorno
4. Discretización de s_0 desde el entorno
5. **while** s_t no sea terminal **do**
6. Seleccionar acción at según política e-greedy
7. Observar s_{t+1}, r_t
8. Discretización de s_{t+1} con BOXES
9. Actualizar matriz Q para el par s_t, a_t
10. $Q(s_t, a_t) = Q(s_t, a_t) + \alpha\,[r_t + \gamma maxQ(s_{t+1}, a) - Q(s_t, a_t)]$
11. $s_t \leftarrow s_{t+1}$
12. Reducir valores de ϵ y α-

Representación continua

Dado que la representación continua pertenece al conjunto de los números reales, es impracticable almacenar en memoria todos los posibles pares estado-acción, es por esto que para la solución en espacios continuos se utiliza una función de aproximación [9], la cual permite estimar el valor Q a partir del vector de estado sin necesidad de almacenarlo como un valor dentro de la memoria, sino como una función Q.

Para la implementación en esta representación, se utilizan dos redes neuronales del tipo perceptrón multicapa, una se utilizará para el entrenamiento del agente y la segunda para calcular el valor esperado para la función Q. Además se implementa una optimización de Temporal-Difference learning en donde se almacenan en memoria una tupla de < $estado_t$, $acción_t$, $recompensa_t$, $estado_{t+1}$ > la cual se utilizará para la obtención del conjunto para el entrenamiento de las redes neuronales [3].

Cada red neuronal posee una arquitectura de 4x24x24x2, la cual posee 4 entradas correspondientes al vector de estado, 2 capas ocultas con 24 neuronas en cada una, y 2 salidas que representan las dos acciones que puede seleccionar el agente. Los pesos iniciales son definidos aleatoriamente desde una distribución normal y el control del entrenamiento corresponde al error cuadrático medio. Este método corresponde a una implementación incremental de Q-learning [10] implementado en el algoritmo 3.

Algorithm 3 Agente Continuo

1. Inicializar memoria D con largo N
2. Inicializar función Q con pesos uniformes [-1,1]
3. Inicializar aproximador Q con pesos uniformes [-1,1]
4. **for** episodio = 1, M **do**
5. Observar s_0 desde el entorno
6. **while** s_t no sea terminal **do**
7. Seleccionar acción a_t según política e-greedy
8. Observar s_t+1, r_t
9. Almacenar en D la tupla (s_t, a_t, r_t, s_{t+1}, esTerminal)
10. Actualizar función Q desde D
11. $s_t \leftarrow s_{t+1}$
12. Asignar pesos de función Q al aproximador Q
13. Reducir valor de ϵ

Comparación y análisis de resultados

Con el fin de conseguir una correcta comparación de resultados, 50 agentes fueron entrenados con las mismas configuraciones para la convergencia de aprendizaje.

Para la simulación del entorno, se usó la librería OpenAI Gym [15] para instanciar *CartPole-v1* que define la duración máxima de cada episodio en 500 unidades de tiempo, siendo este el valor máximo que se puede obtener como recompensa; un valor mínimo de 475 de recompensa indica que la tarea se ejecutó de manera exitosa para el episodio durante el entrenamiento del agente. Además se considera que la tarea está aprendida si completa satisfactoriamente la ejecución en 50 episodios consecutivos.

Resultados representación discreta

Los parámetros utilizados durante el entrenamiento están en la Tabla 1. Los parámetros, con excepción del factor de descuento, disminuyen entre episodios desde un valor inicial hasta un mínimo fijo. La variación de los parámetros está dada por la ecuación.

Parámetro	Valor
Factor de descuento ()	0.99
Tasa de exploración ()	[1, 0.01]
Tasa de aprendizaje ()	[0.5, 0.1]

Tabla 1

Parámetros para el agente con representación discreta.

$$MAX(param_{max}, MIN(param_{min}, param - \log_{10}(\frac{\text{ep}+1}{25}))) \quad (1)$$

Los resultados obtenidos con la configuración anterior (Figura 3) muestran que la convergencia del aprendizaje desde el episodio 150 en adelante, permite al agente mejorar su rendimiento en los siguientes episodios, siendo capaz de obtener la máxima recompensa desde el episodio 247, consiguiendo mantener el poste vertical durante más de 50 episodios consecutivos. Para esta representación, el enfoque interactivo del agente muestra que la convergencia del aprendizaje se alcanza a partir del episodio 100 en adelante, sin embargo, el agente logra ejecutar la tarea satisfactoriamente desde el episodio 232, desde donde es capaz de mantener el poste vertical por más de 50 episodios consecutivos.

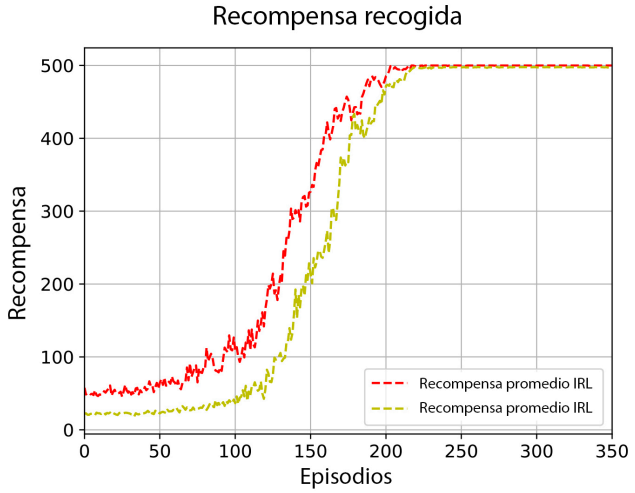


Figura 3

Resultado del entrenamiento de 50 agentes para el entorno CartPole-v1 con discretización del vector de estado con BOXES [14], y una probabilidad de feedback $\mathcal{L}$ de 0.3

Resultados representación continua

Para el algoritmo con representación continua, sólo el parámetro la tasa de exploración disminuye con el tiempo según la ecuación (2), y son mostrados en la Tabla 2.

Parámetro	Valor
Factor de descuento ()	0.99
Tasa de exploración ()	[1, 0.01]
Tasa de aprendizaje ()	[0.00.1]

Tabla 2

Parámetros para el agente con representación continua.

$$param_{t+1} = param_t * 0.999$$

Como se muestra en la figura 4, para esta representación el agente autónomo de RL converge después del episodio 55 y alcanza una recompensa máxima de 460 en el episodio 215, siendo incapaz de mantenerse estable para los siguientes episodios. Sin embargo, bajo el enfoque interactivo, hay una convergencia más rápida de aprendizaje que comienza en el episodio 40 y alcanza un valor máximo de recompensa de 450 en el episodio 155.

Los resultados anteriores indican que aunque el enfoque interactivo no excede los valores de recompensa obtenidos durante el entrenamiento, este enfoque permite una convergencia más rápida del aprendizaje. Además, el uso de un asesor también beneficia la convergencia, sin embargo, es crucial contar con un buen consejo para poder explotarlo, de lo contrario, un consejo inconsistente puede ser perjudicial para el proceso de aprendizaje.

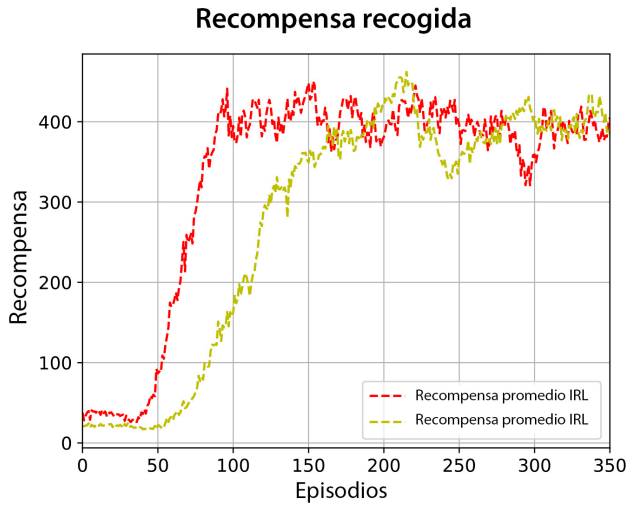


Figura 4

Resultados del entrenamiento de 50 agentes para entorno CartPole-v1 con representación continua y una probabilidad de feedback $\mathcal{L}$ de 0.3.

Conclusiones

En este trabajo hemos demostrado que un agente interactivo con un espacio de estado continuo es capaz de obtener una convergencia de aprendizaje más rápida y conseguirla en un menor número de episodios en comparación con el agente autónomo para el mismo problema. En este enfoque interactivo, al utilizar un espacio de estado continuo, el agente logra una convergencia de aprendizaje aún más rápida.

Aunque la representación discreta logra un rendimiento estable en términos de recompensa, esto puede no ser implementado en todos los escenarios del mundo real.

Además, el enfoque interactivo para el agente de aprendizaje por refuerzo permite una mejor convergencia con respecto al enfoque autónomo utilizando la misma probabilidad de retroalimentación de la política.

Para trabajos futuros se contempla la implementación del agente IRL para espacios de acción continuo. Por ejemplo, usando el algoritmo Continuos Actor-Critic Learning Automaton [9], se espera conseguir mejores resultados en términos de tiempo necesario para la convergencia de aprendizaje.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo parcial de la Universidad Central de Chile bajo el proyecto de investigación CIP2017030.

Bibliografía

[1] F. Cruz, S. Magg, C. Weber, and S. Wermter, "Improving reinforcement learning with interactive feedback and affordances," in 4th International Conference on Development and Learning and on Epigenetic Robotics, pp. 165-170, Oct 2014.

[2] S. Marsland, Machine Learning: An Algorithmic Perspective. New York: Chapman and Hall/CRC, 1st ed., apr 2009.

[3] R. S. Sutton and A. G. Barto, Introduction to Reinforcement Learning. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 1st ed., 1998.

[4] E. L. Thorndike, Animal intelligence; experimental studies,. New York,The Macmillan company,, 1911.

[5] A. M. Turing, "Turing, intelligent machinery, a heretical theory," Alan M. Turing, pp. 128-134, 1948.

[6] F. Cruz, S. Magg, Y. Nagai, and S. Wermter, "Improving interactive reinforcement learning: What makes a good teacher?," Connection Science, vol. 30, no. 3, pp. 306-325, 2018.

[7] A. L. Thomaz and C. Breazeal, "Reinforcement learning with human teachers: Evidence of feedback and guidance with implications for learning performance," in Proceedings of the 21st National Conference on Artificial Intelligence - Volume 1, AAAI'06, pp. 1000-1005, AAAI Press, 2006.

[8] T. Cederborg, I. Grover, C. L. Isbell, and A. L. Thomaz, "Policy shaping with human teachers," in Proceedings of the 24th International Conference on Artificial Intelligence, IJCAI'15, pp. 3366-3372, AAAI Press, 2015.

[9] H. van Hasselt and M. A. Wiering, "Reinforcement learning in continuous action spaces," in 2007 IEEE International Symposium on Approximate Dynamic Programming and Reinforcement Learning, pp. 272-279, April 2007.

[10] C. J. Watkins and P. Dayan, "Q-learning," Machine Learning, vol. 8, pp. 279-292, May 1992.

[11] J. Zhong, C. Weber, and S. Wermter, "A predictive network architecture for a robust and smooth robot docking behavior," Paladyn, vol. 3, pp. 172-180, 12 2012.

[12] J. Brownlee, "The pole balancing problem: A benchmark control theory problem," Tech. Rep. 7-01, Swinburne University of Technology, Melbourne, Victoria, Australia, jul 2005.

[13] C. J. Watkins, Learning from Delayed Rewards. PhD thesis, King's College, Cambridge, UK, May 1989.

[14] D. Miche and R. A. Chambers, "9 boxes: An experiment in adaptive control," 1968.

[15] G. Brockman, V. Cheung, L. Pettersson, J. Schneider, J. Schulman, J. Tang, and W. Zaremba, "Openai gym," ArXiv e-prints, June 2016.

Delegación china visita la Escuela de Ingeniería de FINARQ

Articulados por la Asociación de Empresarios Chinos, se produjo un primer encuentro entre académicos de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura (FINARQ) con directores de empresas ubicadas en la ciudad de Shenzhen.

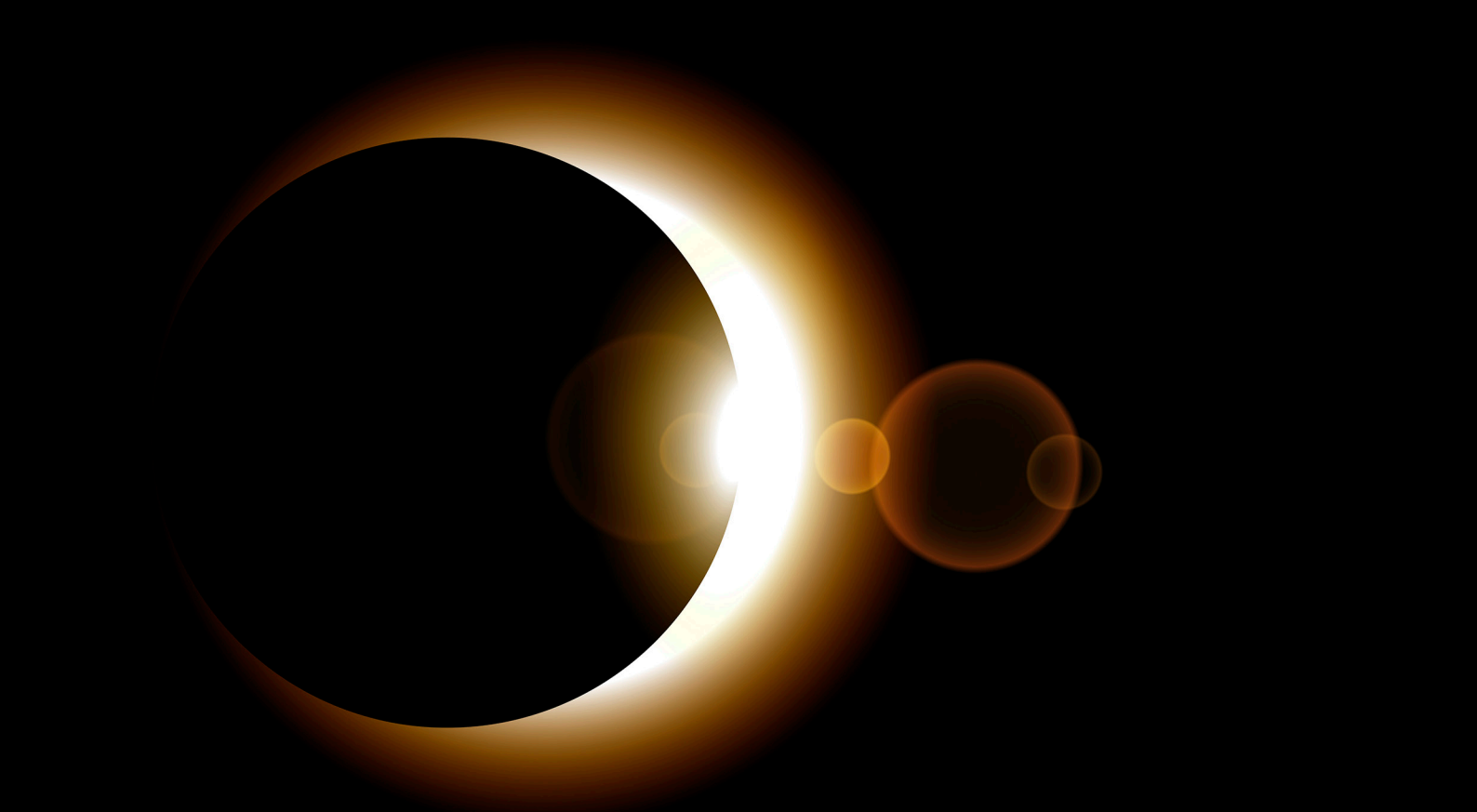
Loreto Muñoz, Dra. en Ciencia de los Alimentos y Sergio Cárdenas, Dr. en Bioquímica, ambos investigadores y académicos de la Escuela de Ingeniería de FINARQ, sostuvieron un primer encuentro en el campus Vicente Kovacevic I de la Universidad Central, con una delegación china, proveniente de la ciudad de Shenzhen y que forman parte del Centro de Cooperación Comercial Internacional Zhishen.

Durante el encuentro, los académicos expusieron las distintas oportunidades de desarrollo de acuerdo a las líneas de investigación que impulsan con alimentos nutricionalmente atractivos y con potencial para ser transformados para su exportación.

La iniciativa, fue coordinada por Yna Pan y Carolina Acevedo, socias comerciales y miembros de la Asociación de Empresarios Chinos; agrupación que se encarga de establecer vínculos a través de embajadas entre instituciones, empresas y/o universidades chilenas, con grupos de inversionistas chinos, para evaluar posibilidades de proyectos en el corto plazo, en función de la próxima apertura de una Oficina Comercial en China y posteriormente otra en Chile.

El Centro de Cooperación Comercial Internacional Zhishen, es la unión de muchas empresas de distintas industrias (procesamiento de alimentos, bienes raíces, alta tecnología, finanzas) emplazadas en Shenzhen, ciudad número uno en el área de la bahía de Guangdong, Hong Kong y Macao, por su buen entorno económico.
La delegación visitante, estuvo integrada por el Sr. Yu Zhang (Presidente), acompañado por miembros del directorio: Sra. Siqi Liu, Sr. Jiang Li y la Sra. Mo Ehao. Los asiáticos manifestaron gran interés en productos nacionales, especialmente aquellos que cuentan en sus componentes con elementos dirigidos a potenciar el bienestar y la salud, como por ejemplo los antioxidantes presentes en la uva.

De acuerdo a lo comentado por Muñoz y Cárdenas, esta instancia fue un buen primer encuentro, pues brinda la posibilidad de contar con el apoyo de inversiones extranjeras que puedan impactar en alguna medida en las investigaciones que se desarrollan en el seno de la Facultad y a la vez, ubicar productos nacionales en tan importante plaza como lo es la ciudad de Shenzhen.



María Teresa Ruiz, sobre el eclipse total de 2019: **"tenemos una conexión con el universo que se transformó en emoción pura"**

Astrónoma y doctora en Astrofísica. Galardonada en 1997 con el Premio Nacional de Ciencias Exactas, siendo la primera mujer en ganarlo. Dos décadas más tarde, obtuvo el Premio L'Oreal-Unesco a Mujeres en Ciencia. Entre otros reconocimientos, destaca la reciente distinción como Doctor Honoris Causa, concedida por la Universidad Central de Chile en mayo de 2019, por su invaluable aporte al estudio de las estrellas y los planetas.

Entre un grupo de 8 estudiantes que realizaban prácticas de verano en el Observatorio del Cerro Calán, se encontraba una joven María Teresa Ruiz, estudiante de ingeniería con intenciones de dedicarse a la ingeniería química, quien en la búsqueda de algo distinto e interesante y con apenas "unas pinceladas de conocimiento astronómico" tal como ella lo calificó, se dijo a sí misma "esto es lo que quiero hacer el resto de mi vida" mientras sus ojos contemplaban la inmensidad de la Vía Láctea, las espectaculares vistas estelares que ofrecía un oscuro cielo nocturno y sin luna de la región de Coquimbo, que hacía que por su mente cruzaran diferentes interrogantes sobre el universo. Así, de manera casual, se dio su primer acercamiento con el mundo de la astronomía, disciplina que hoy la ha hecho una de las mujeres más reconocidas en Chile y el mundo por sus descubrimientos y aportes al mundo científico.

¿Cómo describiría sus líneas de investigación?

Partí como astrónoma teórica. En la Universidad de Princeton, trabajé en modelos teóricos de cómo se mueven las estrellas en las galaxias, basado en datos publicados en la literatura. Luego me dediqué por un tiempo a estudiar las nebulosas brillantes (fotoionizadas) y también en supernovas y nebulosas planetarias, que son estrellas de tercera edad o fallecidas, pero que tienen a su alrededor parte del material eyectado en su última fase de vida y que es interesante, porque al estudiar ese material, cómo se mueve, de qué está hecho, puedes sacar conclusiones de cómo era esa estrella, su tipo y cómo es que llegó a fabricar todos estos elementos que vemos.

De vuelta en Chile, trabajé por un lado junto a José Maza, buscando supernovas y estudiándolas. Por otro lado, lo que más me interesó fue estudiar aquellos objetos estelares, que están muy cerca de nosotros, pero que son muy poco brillantes: se trata de cadáveres de estrellas, muy antiguos y que se han enfriado y mi interés era encontrar la más fría de todas (la que menos luz emite) para calcular la edad -o los límites de edad- de la galaxia dónde se encuentra. Durante ese transcurrir, me topé de manera fortuita con una 'enana café', que en realidad son teóricas, pues son planetas gigantes que, por su tamaño, son carentes de reacciones nucleares en su interior (lo que hace que una estrella brille) por lo tanto son como verdaderos planetas que emiten una débil luminosidad originada en el calor que generaron durante su formación. La llamé Kelu, que significa 'rojo' en idioma mapuche y a partir de ese momento, mi línea de investigación se intensificó en esa área, en reconocer que hace a las enanas cafés distintas

las unas de las otras, sus características en general, y más recientemente analizar cómo se forman. Esto sin dejar de lado el estudio de las nebulosas.

¿Cómo valora el interés que despertó en la comunidad científica y no científica el reciente eclipse de julio de 2019?

Impresionante. En general los eclipses atraen a mucha gente. Hay quienes viajan por el mundo persiguiendo eclipses totales, muchas veces en lugares muy incómodos, como en la mitad del océano, en una selva, o lugares donde cuesta llegar. En este caso, una de las gracias que tuvo es que se dio en un lugar donde hay oferta turística y un reconocimiento a nivel mundial por ser una zona donde se hace astronomía; eso fue un factor determinante que lo hizo más popular de lo que hubiera sido cualquier otro eclipse.

Me impresionó el entusiasmo de la gente de todas las edades, de distintos lugares, que hicieron los esfuerzos necesarios para estar ahí y vivir el eclipse. Cada cual, con sus historias particulares, pero a todos pareció tocarles la experiencia y pienso que se debe a esa conexión con el universo que es propia del ser humano, algo que nos viene en el ADN, de saber más sobre el universo y reconocer que tenemos un vínculo que se transforma en emoción pura, una emoción que tenemos escondida en el día a día y que al vivirlo nos recuerda que somos seres que coexistimos en este universo tan raro e interesante.

¿Usted cómo lo vivió?

Tuve la oportunidad de ver el eclipse desde el avión de National Geographic. Era un avión muy ruidoso en su interior: lleno de periodistas de distintos medios de comunicación que conversaban entre ellos, todos de pie, muy bullicioso el ambiente en general. Yo estaba sentada junto a un compañero de asiento y me dispuse a filmar con mi celular mientras miraba con mis propios ojos el eclipse.

Al cabo de unos minutos de finalizado el fenómeno, comentábamos con el compañero de fila que todo de repente se había quedado en un silencio impresionante. De hecho, los periodistas reportaban a sus diferentes medios que se había dado un silencio mágico y cosas por el estilo. Cuando veo lo que había grabado noté que no era el caso, no había silencio para nada. De hecho, había una batahola, yo misma hablaba, el señor a mi lado también hablaba y me di cuenta que en realidad era que nuestros sentidos se enfocaron en aquel que era el más importante para ese momento: la vista. Las personas que lo experimentaron al aire libre de seguro habrán tenido otras sensaciones, como el cambio de la temperatura, el viento, las aves, entre otras cosas que pasan durante estos eventos naturales.

¿Qué se espera en la agenda astronómica de 2020?

En el sur, habrá un eclipse total de sol que cruzará la región de La Araucanía y parte de la región de Los Ríos. Y en el 2021 habrá uno en la Antártida, así que creo que son oportunidades para aprovechar. Le comentaba al equipo a cargo de la Imagen País de Chile, que ni planificando tienen una vitrina tan espectacular como esta para mostrar el país en el norte, luego en el verde del sur y por último en la zona de la Antártida. También es una oportunidad para preparar a los niños en los colegios a entender los eclipses, pensando que siempre se puede hacer más.

La región de Coquimbo, conocida como la 'Capital Estrella', contará con la carrera de Astronomía en la Universidad Central ¿cómo cree usted que impactará esto a la disciplina?

En Chile, para la cantidad de instrumentos astronómicos que hay, más los que se están construyendo, sumado a todos los desafíos relacionados con la disciplina, como por ejemplo todo lo que tiene que ver con la instrumentación astronómica y el análisis de la Big Data; hay que hacer más grupos y tener más astrónomos trabajando en el país.

Es una necesidad que vemos hoy, pero que en el futuro cercano va a ser aún más importante, ya que son distintos aspectos de la astronomía por abordar y en particular para la Universidad Central, en La Serena, resulta un lugar especialmente propicio, no sólo por la cercanía de los grandes observatorios, sino que además ahí va a estar uno de los telescopios únicos que es el LSST (Large Synoptic Survey Telescope), que estará tomando observaciones permanentes, que demorará tres noches en cubrir todo lo que puede captar del cielo desde Cerro Pachón, en el Valle del Elqui; luego del tercer día, el telescopio comienza un nuevo scanner.

Entonces cualquier cambio será detectado y habrá millones de detecciones de cosas interesantes, pero todo el análisis de esos datos, requiere de especialistas en manejo de Big Data, profesionales en el tema astronómico que estén allí al pie del cañón y que manejen esas herramientas. Así que me parece súper atinado y muy a tiempo que la universidad quiera desarrollar un grupo de astronomía y que pueda tener ojalá, esa conexión con el análisis de bases de datos.

UNIVERSIDAD
CENTRAL
INDEPENDENCIA · PLURALISMO · COMPROMISO

UNIVERSIDAD CENTRAL

INDEPENDENCIA • PLURALISMO • COMPROMISO

ADMISIÓN 2020

DIRECCIÓN DE COMUNICACIONES CORPORATIVAS

POSTGRADOS TAN FLEXIBLES COMO TÚ NECESITAS

SALIDAS INTERMEDIAS CON 3 DIPLOMADOS

ÁREA DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Magíster en Ingeniería Industrial (presencial y online)
Magíster en Análisis de Datos para la Inteligencia de Negocios
Magíster en Dirección de Proyectos Informáticos
Magíster en Ingeniería y Tecnologías de la Información, Comunicación y Automatización

Comisión Nacional de Acreditación CNA-Chile

4 AÑOS ACREDITADA
GESTIÓN INSTITUCIONAL | DOCENCIA DE PREGRADO | VINCULACIÓN CON EL MEDIO
DESDE DICIEMBRE 2017 HASTA DICIEMBRE 2021

postgrados@ucentral.cl
www.ucentral.cl/postgrado
600 582 2222

Universidad Central de Chile | @Ucen | ucentral_cl | Universidad Central | Universidad Central (CL) | www.ucentral.cl

RADIO UCENTRAL 107.1 FM