

## **Resultados Etapa 1 - Preselección**

### **IMMC - Chile 2025**

Un total de 95 equipos de 11 regiones del país se inscribieron en el proceso de selección para representar a Chile en el Desafío Internacional de Modelamiento Matemático IMMC 2025. De ellos, 80 equipos hicieron entrega del informe de la Etapa 1, quienes abordaron el problema “Reforestación para evitar el avance del desierto”. Esto se tradujo en un aumento de 25% de las soluciones recibidas respecto al año pasado, lo que nos deja muy satisfechos como organización. Agradecemos a las y los docentes por motivar a sus estudiantes a participar y a las y los integrantes por el esfuerzo y la calidad del trabajo.

El problema de esta etapa aborda una situación de vital importancia para el país: el avance del desierto producto de, entre otros factores, de la escasez hídrica y de fenómenos asociados al cambio climático. En específico, a los equipos se les solicitó proponer un modelo que permitiera elaborar un plan de reforestación que contribuya a evitar la desertificación de una zona costera, considerando posibles variables de tipo económicas, ecológicas, ambientales o sociales. La promoción de la biodiversidad, considerar la falta de agua y estimar el costo del plan eran elementos que se esperaba que fueran considerados en la construcción del modelo.

Esta etapa del proceso busca identificar aquellos equipos que tengan el potencial de realizar un buen trabajo en las posteriores, por lo que la evaluación se enfocó en la calidad matemática y originalidad de las soluciones. Se valoró que fueran capaces de integrar distintos componentes de la situación tales como definir alguna forma de seleccionar las especies y estimar la cantidad de árboles y costos del plan. Algo clave fue que los resultados matemáticos fueran interpretados según el contexto, como es que la cantidad estimada de árboles por especie fuera razonable. Es importante recordar que el proceso de evaluación es ciego, pues a cada informe se le asigna un código que no permite identificar los establecimientos, integrantes ni tutores del equipo.

La evaluación dió como resultado que 17 equipos pasan a la siguiente etapa, cuya lista se encuentra en la siguiente página. Para apoyar la reflexión y autoevaluación del trabajo realizado, y que esto ayude a realizar mejoras en los informes de las próximas etapas, se describen las principales razones de por qué se privilegiaron algunas soluciones por sobre otras. Cada equipo recibirá prontamente una retroalimentación específica de su informe.

Como organización estamos muy agradecidos del interés, trabajo y dedicación de todos los equipos que participaron en esta etapa. Felicitamos especialmente a los equipos que continúan en el proceso, y al resto los dejamos invitados a continuar participando en las próximas ediciones.

Atentamente,  
Flavio Guiñez  
Director IMMC - Chile

**Listado de equipos que pasan a la Etapa 2 - Selección \***

Nº	Colegio	Comuna	Tutor/a	Integrantes
1	Academia Tarapacá	Iquique	Josué Painequeo Ferrada	Isidora Castillo, Anahys Delgado, Nicolás Olivos, Fernanda Díaz Flores
2	Colegio Coronel Eleuterio Ramírez Molina	La Reina	María Gabriela Hoffstetter Quappe	Álvaro Benavente, Sebastián Olguín, Tomás Pizarro
3	Colegio Centenario Temuco	Temuco	Danilo Herrera Cerezo	Anahi Villablanca, Martin Morales, Vicente Moreno, Giovi Ferrufino Cerpa
4	Instituto Alonso de Ercilla	Santiago	Mauricio Arenas Celedón	Sebastian Gallardo, Fabian Santiago, Gabriel Palma, Patricio Millar
5	Colegio Montessori Talca	Talca	Beatriz Salgado Espinoza	Domingo Toledo, Joaquín Rojo, Benjamín Martínez, Antonia Tordecilla
6	Colegio Latino Cordillera	La Florida	Andrea Donoso De La Torre	Martina Villanueva, Luciano González, Renato Benítez, Xabier Baronti
7	Liceo Bicentenario Santa Teresa de Los Andes	Colina	María Angélica Fuentes Salazar	Carlos Gómez, Martin Silva, Renato Saur
8	Liceo Bicentenario Santa Teresa de Los Andes	Colina	María Angélica Fuentes Salazar	Alonso Osorio, Antonella Torres, Gabriel Maulén, Matilde Toro
9	Liceo Bicentenario Santa Teresa de Los Andes	Colina	María Angélica Fuentes Salazar	Sebastian Cabrera, Vicente Barraza, Vicente Marticorena
10	Andree English School	La Reina	Patricia Rojas Fonseca	Sofía Montaner, Kala Kaempfe, Francisca Saldías, Tomás Díaz
11	Liceo Bicentenario Santa Teresa de Los Andes	Colina	María Angélica Fuentes Salazar	Clemente Munita, Cristian Matus, Sebastian Soto, Vicente Inostroza
12	Liceo Bicentenario Santa Teresa de Los Andes	Colina	María Angélica Fuentes Salazar	Gabriel Escobedo, Fernanda Venegas, Pablo Riccio, Rafaela Orfali
13	Highlands Montessori School	Peñalolén	Camila Arenas Gracia	Rafaela Gajardo, Aurelio Klopfenstein, Santiago Fuster, Cristobal Behn
14	Colegio San Francisco Javier de Huechuraba	Huechuraba	Rodrigo Román Jáuregui	Alonso San Martín, Maximiliano Vera, Lucas Casali, Pedro Navarrete
15	Colegio Alemán St. Thomas Morus	Providencia	Cesar Fernández Rodríguez	Michaela Honour, Valentina Maldonado, Matias Wolf, Arturo Hillerns
16	Colegio Bajo Molle	Iquique	Plácido Castro Pizarro	Aurora Estay, Matías Barraza, Saeed Miranda, Antonia Martínez
17	Colegio Bajo Molle	Iquique	Bryan Carvajal Valenzuela	Simón Calderon, Vanessa Vergara, Andrés Alarcón, Maite Sabat

\* Los equipos aparecen listados de forma aleatoria.

## Justificación de los equipos que pasan a la segunda etapa

Para el desafío “Reforestación para evitar el avance del desierto” a los equipos se les solicitó construir un modelo matemático para crear un plan de reforestación que contribuya a evitar la desertificación de una franja costera. En específico, los equipos debían:

1. Investigar y describir las características clave de un plan de reforestación, considerando factores del entorno más allá del clima, relevantes para su diseño.
2. Diseñar un modelo matemático para un plan de reforestación para una zona costera que ayude a evitar la desertificación que considere hasta tres especies de árboles. El modelo podía incluir variables económicas, ecológicas, ambientales o sociales.
3. Identificar una zona costera entre Coquimbo y Biobío que tenga riesgo de desertificación, aplicar el modelo en ese terreno y presentar un mapa satelital con la distribución de las especies.

El objetivo de la primera parte era que los equipos se familiarizaran con el problema que enfrenta el país relacionado al avance de la desertificación y que identificaran las características que debe tener un plan de reforestación. Por una parte, las especies seleccionadas debían ser factibles de crecer en la zona, para lo cual muchos de los equipos consideraron el tipo de suelo, la humedad y precipitaciones de la zona, entre otros elementos. Esto les llevó, por ejemplo, a elegir árboles que fueran autóctonos, de crecimiento rápido y con bajo requerimiento de agua. No obstante, se esperaba que describieran los componentes que debe tener un plan de reforestación, entre los cuáles están no solo la elección de la especie, sino que cómo se distribuirán los árboles de manera de favorecer la biodiversidad, cómo se harían cargo de la escasez del agua y por supuesto, de los costos de plantación y mantenimiento. Aunque con diferencias de profundidad, un alto número de equipos cumplieron de manera satisfactoria con lo que se les solicitaba. Se valoró positivamente que la descripción de las características incluyese una breve explicación y que se incluyeran fuentes.

Tal como en años anteriores, la segunda parte es la que resulta más clave, por lo que fue considerada más fuertemente en la evaluación. Es importante recalcar que **modelar no es usar matemáticas porque sí, sino que es usar las matemáticas para dar una solución a un problema**. Por lo mismo, se esperaba que el modelo tuviera un propósito claro (seleccionar las mejores especies, definir como distribuir los árboles, calcular el costo del plan, entre otros) y que las cantidades más relevantes fueran cuantificadas y relacionadas de manera correcta para la creación del plan de reforestación. Además, que los supuestos en que se basa el modelo sean razonables y que considerasen la investigación previa.

Algunos equipos establecieron algún mecanismo para seleccionar las especies más adecuadas. Esto se hizo, por ejemplo, definiendo una serie de factores (resistencia a la humedad, crecimiento, etc.) a los que se les asignó un puntaje con los que se construyó un indicador de la apropiabilidad de la especie. Se valoró positivamente que el plan considerase la biodiversidad, al combinar árboles de distintas especies y que no se propusiera un monocultivo.

La mayoría de las soluciones presentadas incluían una manera de estimar la cantidad de árboles de cada especie a plantar. Esto se hizo principalmente distribuyendo los árboles en filas e hileras asegurándose que hubiera una distancia adecuada dependiendo del tamaño de cada árbol. Otra

forma de hacerlo se basa en el “método de tresbolillo”, que es ubicar los árboles de manera alternada formando triángulos equiláteros. Por último, algunos equipos calcularon una densidad de siembra. Se valoró positivamente que la estimación fuese razonable, aunque no era necesario que fuera tan precisa. Algunos aspectos negativos fueron que la distancia entre árboles fuese muy pequeña o muy grande, que la manera de estimar la cantidad de árboles fuera muy compleja o que se enfocaran en aspectos que fueran más accesorios (por ejemplo, si cabía una hilera más o que hubiera caminos entre los árboles).

En cuanto al componente relacionado al costo del plan de reforestación, se consideraron algunos asociados a la plantación y otros al mantenimiento. Para el momento de la plantación, la mayoría calculó el precio de las semillas o de los árboles. Pocos equipos consideraron la mano de obra, o la preparación del suelo. Esto último se valoró positivamente, pues es claro que los árboles no se pueden plantar solos y que, como estamos en una zona costera y desértica, el suelo podría no haber estado en las condiciones adecuadas. Respecto a la mantención, varios modelos consideraron la replantación (en caso de que hubiera árboles que murieron) y el consumo de agua. Que se tomara en cuenta el factor agua fue un aspecto clave, dado las condiciones del entorno. Esto no solo significa estimar la cantidad de agua necesaria, sino que también definir una forma en que se distribuiría; varios equipos estimaron el costo de sistemas de goteo o bien la instalación de atrapanieblas.

Un tercer aspecto considerado por algunos modelos tuvo que ver con medir de alguna manera los beneficios sociales y/o medioambientales del plan. Esto se hizo, por ejemplo, estimando la creación de empleos o la captación de CO<sub>2</sub> del bosque.

Las soluciones más sofisticadas fueron evaluadas con un mayor grado de tolerancia, ya que se entiende que puede haber elementos que son más difíciles de explicar. Esto no quiere decir que modelos con más componentes sean necesariamente mejores. De hecho, modelos con demasiadas variables o que usan cantidades que no se pueden estimar al final resultan poco prácticos y difíciles de aplicar, y por tanto fueron evaluados peor que otros que hacían lo mismo de manera más simple. También, se valoró positivamente que los modelos intenten ser más generales, por ejemplo, a través de definir parámetros que puedan ser estimados dependiendo de las condiciones del entorno.

Por último, la tercera parte tenía un doble propósito: primero, que el trabajar con una situación concreta les ayudara a darse cuenta de qué debían incluir en el modelo, y segundo, que pudieran evaluar este observando la solución que les daba. En general, la mayoría de los equipos eligió de manera adecuada la zona. En esta parte, se valoró positivamente que se determinara claramente la cantidad de árboles a plantar y del costo del plan de reforestación, así como que se presentase una imagen satelital que mostrase la distribución propuesta por especies. Aspectos negativos fue que se hicieran solo los cálculos sin describir las soluciones o bien que estos no se interpretaran de acuerdo al contexto. De hecho, hubo varios informes que presentaron errores de cálculo o incluyeron valores de parámetros poco razonables (por ejemplo, una distancia excesivamente reducida entre árboles), lo que derivó en resultados matemáticos inconsistentes con la situación.

Por último, aspectos que también fueron considerados son:

- Que los informes estuvieran bien organizados y escritos.
- Que se incluyeran representaciones como dibujos, tablas o esquemas que facilitaran la comprensión de las ideas detrás de los modelos y soluciones.
- Que se hiciera una evaluación del modelo propuesto y los resultados, en particular, de las ventajas y desventajas del mismo.

Es importante recalcar que la elección de los equipos que pasan a la siguiente etapa tiene siempre un aspecto subjetivo, debido a la variedad de soluciones propuestas. Por lo mismo, en esta evaluación se valoró fuertemente que en el trabajo se propusieran soluciones que fuesen matemáticamente correctas, pero que se hicieran cargo de las problemáticas clave que se desprende de la situación (promover biodiversidad, abordar la escasez de agua, entre otras). En tal sentido, lo que se espera de los equipos es que tengan la creatividad y la rigurosidad para proponer soluciones originales que permitan destacar por sobre el resto. Tengan en cuenta que en la evaluación de los informes de la segunda etapa aspectos de forma (presentación y estructura del informe, calidad de la redacción, uso de representaciones adecuadas, referencias, entre otras) tendrán un mayor peso.