

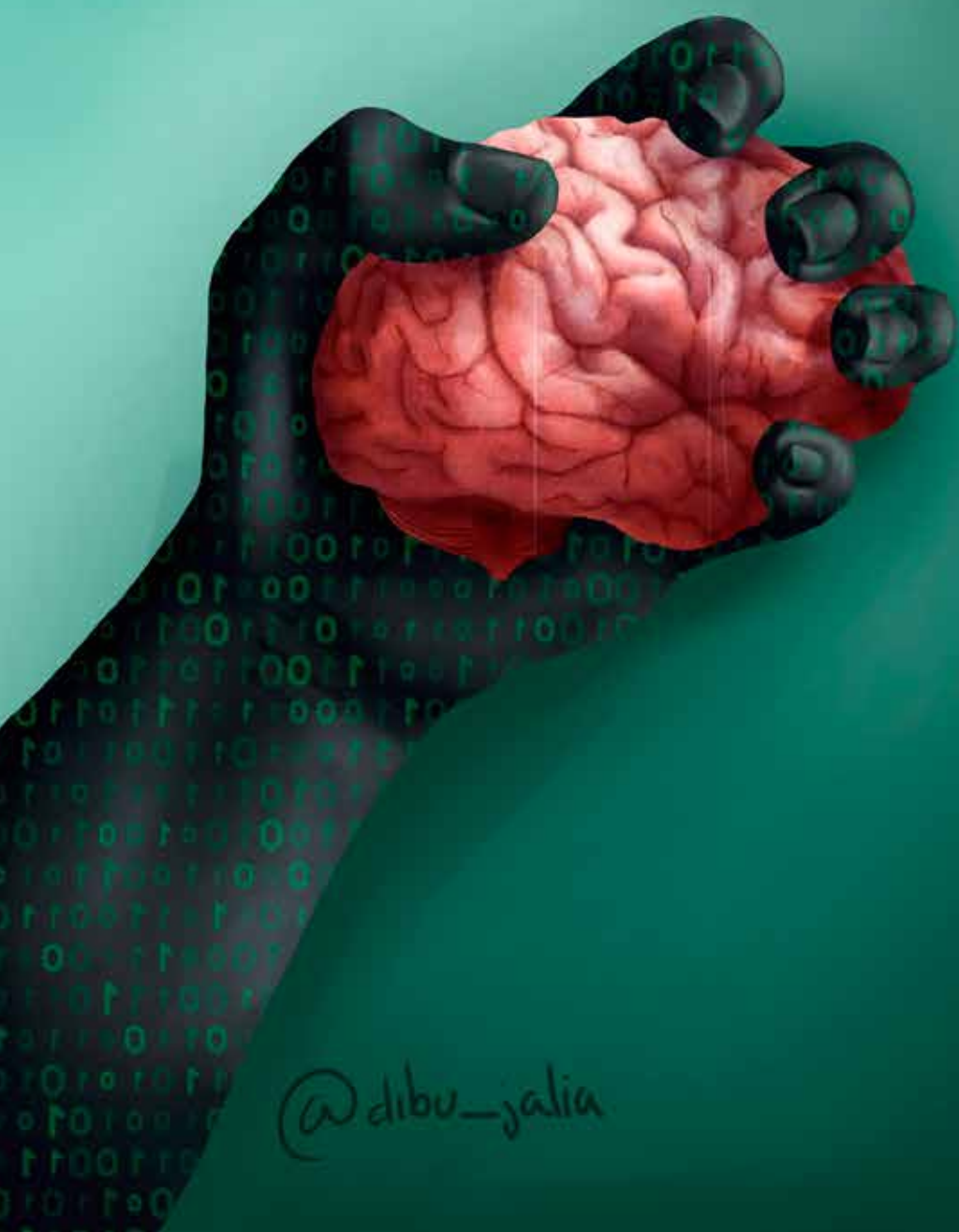
JUVENTUD TÉCNICA⁴⁴⁶

MERCADOS DE CARBONO

**El comercio
de lo invisible
pág 18**



LAMANZANAENLACABEZA



@dibu_jalia

Cuando el cerebro se vuelve perezoso: la paradoja de la inteligencia artificial conversacional

POR MILTON GARCÍA BORROTO

ILUSTRACIÓN: AMALIA PÉREZ ALONSO

Hace apenas unas generaciones, los humanos usábamos nuestros músculos diariamente para sobrevivir: caminar largas distancias, cazar, cultivar, construir.

Con la llegada de la industrialización y luego de la era digital, gran parte de ese esfuerzo físico desapareció de la vida cotidiana. Al principio, el alivio fue bienvenido; pero con el tiempo, comenzaron a surgir consecuencias inesperadas. Más allá de la pérdida estética del tono muscular, aparecieron problemas metabólicos, cardiovasculares y posturales.

Hoy, conscientes de ese deterioro, millones de personas acuden al gimnasio no solo por vanidad, sino como una necesidad de mantener el cuerpo funcional.

Con el cerebro, sin embargo, estamos viviendo una paradoja inversa. Herramientas como los sistemas de inteligencia artificial estilo ChatGPT —capaces de redactar, sintetizar e incluso crear— están reemplazando

gradualmente funciones cognitivas que antes ejercitábamos de forma natural: la memoria, la formulación de ideas propias, la resolución de problemas sin ayuda externa, la paciencia para pensar profundamente.

A diferencia del cuerpo, cuyo debilitamiento es visible o genera síntomas evidentes, el cerebro puede atrofiarse en silencio. No duele dejar de pensar; de hecho, puede resultar cómodo. Pero esa comodidad tiene un costo sutil: perdemos la capacidad de dudar, de cuestionar, de discernir entre lo que pensamos y lo que una máquina piensa por nosotros.

Peor aún: al no percibir claramente ese deterioro cognitivo —porque siempre hay una IA lista para “llenar el vacío”—, no sentimos la urgencia de “entrenar” nuestra mente. No existen “gimnasios mentales” tan populares ni tan accesibles como los físicos.

Y así, sin darnos cuenta, vamos delegando no solo tareas, sino juicios, opiniones e, incluso, emociones a algoritmos diseñados para complacer, no para desarrollarnos.

La lección del cuerpo debería servirnos de advertencia. Si ya sabemos que la falta de uso conduce al deterioro, no deberíamos esperar a que el pensamiento crítico se vuelva una habilidad extinta para actuar.

El verdadero reto de la era de la IA no es aprender a usarla mejor, sino asegurarnos de seguir usando —y ejercitando— aquello que nos hace humanos: nuestra capacidad de pensar por nosotros mismos. **JT**



pág 4

VANGUARDIAS DE LAS CIENCIAS

Recuerdos del futuro



pág 32

LA ENTREVISTA

YUSLÍN GONZÁLEZ ABREU

Por el camino más largo



pág 12

PARQUE CIENTÍFICO
TECNOLÓGICO DE LA HABANA

Incubar ideas, alcanzar los sueños

TAMBIÉN EN ESTE NÚMERO

- > POR DENTRO **MINECRAFT** PÁG 26
- > CIENCIA FICCIÓN Y EL VIENTO GUARDÓ SILENCIO PÁG 28
- > MUNDO BIT **HUMANIZAR EL TRABAJO CON SOLUCIONES PROPIAS** PÁG 38
- > CONSTRÚYALO USTED **JABÓN LÍQUIDO PARA LAVADORAS** PÁG 42
- > TIEMPO PARA PENSAR / HUMOR MUTANTE PÁG 44

COLECTIVO EDITORIAL

DIRECTORA: Iramis Alonso Porro

SUBDIRECTOR ARTÍSTICO: Leonid Prado

CORRECCIÓN: Raúl Ramírez Manzano

DISEÑO Y REALIZACIÓN: Claudia Damiani

FOTOGRAFÍA: Sheryl Márquez Vega

WEB MÁSTER: Eduardo Gutsens, Yaidier Miró Vital

SECRETARIA: Toña

TRANSPORTE: Leonel Manresa

CONSEJO CIENTÍFICO-TÉCNICO ASESOR

SECRETARIA: Lic. Iramis Alonso Porro

PRESIDENTE ACADEMIA DE CIENCIAS:

Dr. Luis Velázquez Pérez

ACC: Prof. Rodolfo Alfonso Carrasco

COSMOS: Gral. Bda. Arnaldo Tamayo Méndez

INDUSTRIA AZUCARERA:

Dr. en C. Oscar Almazán del Olmo

BOTÁNICA: Lic. Blanca E. Sorribes Amores

CIENCIA FICCIÓN: Lic. Víctor Bruno Henríquez

INFORMACIÓN, CIENCIA Y TÉCNICA:

Arq. Osvaldo Bebelagua Castillo

QUÍMICA FARMACÉUTICA:

Dr. en C. Alberto Núñez Sellez

OCPI: M. Sc. Eva Romeu Lameira

GEOFÍSICA Y ASTRONOMÍA:

Dr. Ramón Rodríguez Taboada

ONCOLOGÍA:

Dr. Jorge L. Soriano

GINECO-OBSTETRICIA:

Dr. Nelson Rodríguez Hidalgo

Dr. Miguel Lugones Botell

PEDIATRÍA: Dr. Erick Martínez

CONSTRUCCIÓN NAVAL, PESCA Y RAMA MARÍTIMA:

Dr. Amado Galiano Ortiz

ESPELEOLOGÍA: Ing. Leslie Molerio León †

AGRICULTURA: Dra. Arlene Rodríguez Manzano



PORTADA 446

DISEÑO: CLAUDIA DAMIANI

REDACCIÓN: Prado No. 553 e/ Teniente Rey y Dragones, La Habana Vieja, La Habana. CP 10200

TELÉFONOS: 7 862 5031-36 / ext. 131 y 132

ISSN: 0449-4555



www.juventudtecnica.cu

MEDIUM | Juventud Técnica



jtecnica@editoraabrill.co.cu



Recuerdos del futuro

Como cada año, 2025 dejó un puñado de notables avances que fueron privilegiados por los medios entre los más destacados. JT invita a echarles una mirada a algunos de estos y, sobre todo, a fijar la atención en los que se revelan como firmes tendencias del desarrollo, esos que nos invitan a habitar desde ya el porvenir con evolucionada carta de ciudadanía

POR TONI PRADAS

Grandes soluciones a complejos retos de la cotidianidad y del progreso, cada vez más engorrosos, deslumbran nuestros ojos cuando, enlistadas cada año, nos hacen preguntarnos cómo estas nos pasaron por un lado y no las vimos avanzar, cual cuñas de carreras en una pista humeante. Sin embargo, siempre estuvieron junto a nosotros, respirándonos en la nuca.

Hasta nos hacen sentir como si hubiéramos estado habitando el porvenir desde cada lejano tic tac de las horas transcurridas, durante los miles de días tachados en el calendario. Y qué hice yo para merecer esto, preguntaríamos como el manchego, si la modernidad hasta hace poco se antojaba enfundada en el overol de un esquizofrénico Chaplin con llaves españolas para apretar tuercas. Son los tiempos, pensemos con indulgencia, o, mejor: una suerte de máquina del tiempo que no tiene engranaje de reversa, pero sí palancas para apresurar el futuro.

Embelesados, admirados y —quién no— algo asustados, traspasamos ese umbral que un lapso atrás creíamos insuperable cuando, tal cual semillas con las que contabilizar nuestras riquezas, graneábamos una poca de energía nuclear, unos adarmes de aviación supersónica, unas pulgaradas de exploración espacial...

Así empezamos este año, mirando atrás, que es como mejor apreciamos las genialidades que están por venir. Es como si con esa máquina del tiempo mencionada hubiéramos obtenido, en el mundo que vivimos, postales que nos recuerdan la ulterior existencia de la

humanidad... suerte de *déjà vu* a la inversa, de “reencarnaciones” desde el futuro.

Aun así, es preciso hacer un gran acopio de optimismo. Mi madre no me perdonaría callar que muchos de esos grandes sucesos que ocurren en los laboratorios están motivados para una cruda guerra que se teje hebra a hebra y parece inevitable, por fantástica que se nos muestre en HD.

Bueno, se dice que esos adelantos tecnológicos, armas y equipos salidos de cerebros más hirvientes que el de George Lucas, servirían para persuadirse entre las potencias —“paridad” le llaman los entendidos— a fin de evitar una conflagración de dimensiones homéricas. Quizás ese efecto psicológico, o lógico, se consiga; tal vez sea eficaz entre naciones molecularmente desarrolladas en extremo. Pero de momento, no dejan de probarse en países de nano indemnidad militar.

Estamos hablando de armamento tradicional, claro, pero hoy enriquecido con los pluses de nuevas prestaciones asistidas por la electrónica y complejos sistemas resultantes de multidisciplinarios estudios







de avanzada. Y, por supuesto, también nos referimos a novedosos pertrechos hipersónicos, armas de microondas con ráfagas pasadas de gigavatios, o sistemas de láseres antiaéreos como el Rayo de Hierro israelí.

Un catálogo preciso de estos desarrollos puede ser solicitado a cualquier aplicación de inteligencia artificial (IA): Los escalones de tales investigaciones tienen el don de ser promovidos por sus patrocinadores; en otras épocas el mundo militar era secreto, muy secreto.

El sacramento de la IA

Ya hablábamos de sudar optimismo, que bien los científicos merecen sentir. Incluso, para aquellas investigaciones volcadas hacia las artes de dañar. Afortunadamente, el consuelo estará en que los eruditos encuentren virtuosas aplicaciones en la vida cotidiana de las sociedades. Así resultó ser la malnacida y, también, bendecida exploración tecnológica nuclear.

(Confieso, si no es ridiculez, que en mis sueños más ingenuos veo aviones hipersónicos que nos moverán en minutos entre ciudades bien distantes para, digamos, asistir el mismo día a muchos estadios durante un mundial de fútbol realmente global. Ya sé que esto recuerda mejor al anticuado Verne, que al futurista Cronenberg, pero suena más chulo que la telertransportación con átomos disgregados entre cápsulas, como en la genial y estremecedora película *La mosca*. Veremos qué nos dice la IA).

A propósito de la IA, la fría y a la vez amable tecnología, consiguió nuevamente ser en 2025 la más aclamada y la que, aparentemente, dio los trancos más grandes a su paso. Hasta empieza a sentirse como un amigo, el médico de cabecera, un cura en el sacramento de la extremaunción. Tanto ojo acaparó el avance de la IA generativa, que los arquitectos de esta

fueron elegidos como la “persona del año” por la revista *TIME*. Es innegable la euforia popular por los *chatbots* y la avalancha de desarrollos, lo cual explica por sí misma ese raro reconocimiento.

Sin embargo, tiene la IA cierto aire de mercadotecnia y según los numerosos alabadores, OpenAI, Google o el magnate Elon Musk parecen ser los horcones de ese edificio, si no esos “arquitectos” premiados. Los investigadores chinos en dicha disciplina y la industria de su país no clasifican, a pesar de haber logrado muchos avances con ciertos desafíos que provoca esa demanda. Citemos uno: el gigantesco respaldo energético necesario para husmear en la Big Data y realizar millones de cavilaciones a velocidades infinitesimales.

Es, nadie lo duda, la tecnología que marcará una era y que seguramente será recordada por su nombre propio. Es una tendencia sólida y tangible, indeleble como un tatuaje. Pero difícilmente pueda considerarse todo el tiempo una novedad (descontemos su más de medio siglo de pensamiento y experimentación) y mucho menos un objeto intelectual acabado. La rueda o el libro, por ejemplo, se tomaron miles de años para evolucionar a su aire, aun cuando fueron decisivos desde su mismísimo nacimiento.

Pensemos que la evolución al galope de la IA dependerá ante todo del soporte material que le permita crecer con sostenibilidad, probablemente por encima de las capacidades intelectuales y financieras de sus creadores.

En un panel celebrado durante el pasado Foro Económico de Davos, la presidenta de la compañía china Moonshot AI, Zhang Yutong, sin esconder su orgullo, resaltó las ventajas que genera el modelo de “infraestructura primero” de China, para la innovación en la industria de dicha tecnología y el manejo de los



colosos centros de datos. Uno de los puntos centrales para la investigación es el bajo costo de la electricidad, producto de la expansión energética del país asiático.

Moonshot AI es la compañía que desarrolló el modelo de lenguaje Kimi-K2 Thinking, una herramienta que presume de una mayor capacidad en la profundidad de razonamiento y que ha logrado superar a ChatGPT-5, el motor más avanzado de OpenAI.

Los analistas han empezado a reconocer en su soporte energético, en buena parte construido con la ayuda radial del sol (de eso hablaremos más adelante), la causa de la ventaja de China en la carrera de la IA.

Pero, de hecho, a pesar de la escalada, durante el año que cerró fue cuando más cortapisas sintió recibir la IA a escala global, muchas de estas relacionadas con la veracidad de sus datos, la exactitud y profundidad de su “pensamiento” o la ética de sus respuestas.

Un escaso por ciento de sus potencialidades está en manos de toda la humanidad, bien sea por la pobre educación popular que la acompaña o por los pocos alcances que se permiten utilizar gratuitamente. Los debates sobre el empleo de bases de datos y de información privada, el respeto al derecho de autor, así como su puntual utilización con ciertas intenciones borrascosas, hacen de la IA una tecnología –admitámoslo sin rubor– apenas en ciernes, tremendamente mejorable y, dígame todo: peligrosa.

No en balde la industria militar le ha echado el ojo para su guerra híbrida, de creíbles falacias acompañadas de puñetazos, esa mezcla de pelo engominado y calzón encima de la lycra del forzado Supermán, con el macabro fin de atontar la inteligencia natural mediante otra artificiosa.

Para verde, el dólar

Curiosamente, muy escasas publicaciones incluyeron en su *top ten* las tendencias de perfeccionamiento de las tecnologías verdes. No olvidaron, eso sí, ingeniosos y necesarios medicamentos para adelgazar, así como los beneficios que esos acarrearán. O la aprobación del uso de otras tecnologías y fármacos que habían asombrado al planeta en años precedentes, pero todavía no formaban parte del patrimonio social o la cartera de negocios de las empresas desarrolladoras.

Si bien la investigación sobre la generación fotovoltaica no tuvo sobresaltos que partieran en dos la historia, el crecimiento planetario de esta y su penetración en la economía mundial, hace cuestionar cualquier olvido.

Por supuesto, reconocer tal preponderancia pasa por cierto tamiz filosófico, incluso ideológico, en el que la rivalidad existente entre las fuentes energéticas renovables y las de combustibles fósiles comienza a tener una nueva correlación a favor de estas últimas. Con fuerza creciente, el calentamiento global está siendo negado por ciertos grupos de poder, en primer lugar por aquellos relacionados o beneficiados por el mercado de hidrocarburos, y para ello esgrimen consideraciones anticientíficas que niegan tal cambio climático. Para verde, el dólar. Esa parece ser la clave.

También la esperanza la pintan verde y, créase lo que se quiera, la tendencia de crecimiento del aprovechamiento energético fotovoltaico frente al supuesto “auge de los combustibles fósiles” es brutalmente comprobable. La evidencia indica que la solar no solo NO está retrocediendo, sino que ha superado estructuralmente a los minerales carburantes en los mercados clave, aunque el camino, se sabe, no está exento de desafíos puntuales.

A falta de datos consolidados del último año, se puede citar que el crecimiento de la generación solar en 2024 fue más del doble que el crecimiento conjunto del carbón y el gas, y que 91 por ciento de los nuevos proyectos solares a gran escala generan electricidad más barata que la alternativa fósil más económica.

Se podría mostrar un ramillete de indicadores y cifras claves, como la producción o la capacidad instalada, que ayudarían a confirmar un cambio de régimen en el sector energético y comprobar el crecimiento de al menos un 30 por ciento interanual. Pida esos análisis a la IA, úsela (en *JT*, ya vio, apostamos a esta tecnología como herramienta para la investigación). Dicho con total frialdad, la energía solar ya superó el umbral del diez por ciento del consumo mundial de electricidad, consolidándose, así, como pilar central del sistema energético.

La pregunta es si esa tendencia puede ser revertida, incluso llegar a retroceder, gracias al aparente auge del empleo de combustibles fósiles. La realidad, quiérase o no, es más matizada, aun cuando con los datos existentes se puede tener ya la respuesta.

Para que ocurra tal reversión, la fotovoltaica tendría que perder su ventaja competitiva estructural. Es hoy, centavo por centavo, la fuente más barata, algo más de 40 por ciento inferior su costo respecto al de las nuevas plantas de carbón o gas (mucho más rentables que el petróleo). En consecuencia, la demanda de nueva capacidad fósil se está desplazando masivamente hacia lo renovable.

A la vez, tendría que sufrir un desacoplamiento del crecimiento, que no se ve en el horizonte a pesar de que el consumo total de combustibles fósiles sigue siendo alto en términos absolutos. Es decir, el crecimiento de la generación solar ya duplica el crecimiento de la vía fósil. Dicho de otra manera, la fotovoltaica está capturando el aumento de la demanda eléctrica mundial y comenzando a erosionar la participación de las térmicas.

Aun con tales bazas, según autoridades globales de la energía y las finanzas, para este 2026 se espera una desaceleración de ese crecimiento (primera contracción anual en 20 años, de -1.5 por ciento aproximadamente). En tal escenario, ningún observador ha sugerido que tal “desaceleración” sea un retroceso. Mucho menos ha pronosticado un “auge del fósil”.

Más bien, se ha comentado que ocurrirá una pausa temporal. Las causas de este reposo están en la saturación política, debido a ajustes de subsidios en China y políticas restrictivas estadounidenses. Asimismo, a cuellos de botella: se habla de más de 3 mil GW de proyectos renovables esperando para conectarse a redes eléctricas obsoletas. Otro argumento esgrimido son las altas tasas de interés, que encarecen

la inversión inicial en capital intensivo (solar) versus la operación de plantas fósiles ya amortizadas.

Bien visto, parece imposible que el retroceso de las tecnologías solares llegue a ser permanente. La clave, es decir, el verdadero elemento disruptor, es el abaratamiento de las baterías para almacenar la energía captada. El costo de estos artículos, hemos visto, cae y esa relación de abaratamiento ya supera el 30 por ciento interanual.

Históricamente, los defensores de los fósiles con razón desestimaban la energía solar debido a su intermitencia: si no existe radiación (en la noche, por ejemplo), no hay electricidad. Pero ahora esta combinación (solar + almacenamiento) ya es capaz de proporcionar energía gestionable y competitiva y, por tanto, permitirá su crecimiento dominante y el consecuente desplazamiento competitivo de los fósiles.

O si se prefiere, no habrá un retorno al carbón, como no sea para un buen asado con cervezas.

El silencio de los cangrejos

Afirman las instituciones médicas que la quema de combustibles fósiles puede provocar cáncer. Para ser justos, no es la principal causa demostrada. De cualquier manera, disminuirla o evitarla pudiera hacer una gran contribución a la salud humana, sobre todo ante enfermedades respiratorias y cardiovasculares, diabetes, trastornos neurológicos, consecuencias adversas del embarazo... y, claro, el cáncer de pulmón.

Y ahí van los científicos cada mañana, llueva o nieve, ante el desafío terapéutico que le imponen las neoplasias, al punto que ya nadie dice tajantemente que los tumores malignos serán incurables.

De momento, sí lo son, pero el estado real de la investigación en tratamientos personalizados contra el cáncer es de una efervescencia y madurez clínicas sin precedentes. Lejos de ser una promesa futura, la medicina de precisión está generando hoy resultados concretos y validados en pacientes reales, con múltiples ensayos clínicos avanzados y publicaciones en las revistas de mayor impacto.

No lo dude: esta cruzada, sustentada por sólidos resultados, es una de las estrategias investigativas que se afincan en el futuro por su sistemático avance. De ahí que muchos medios exaltaron sus logros en 2025, un buen punto para no dejar caer el entusiasmo en los laboratorios y universidades.

Solo que, a riesgo de pecar de dualista racional cartesiano, podemos afirmar que algunos estudios, extraordinariamente valiosos, han recibido una cobertura mediática muy inferior a su trascendencia.

Mientras, ciertos progresos reciben amplia atención,



descubrimientos que suponen cambios de paradigma han permanecido prácticamente en el ámbito especializado.

No son pocos los avances muy relevantes de los últimos 12-18 meses que han sido indebidamente cubiertos por los medios o, incluso, infravalorados. Nombremos en primer caso —porque lo consideran muchos instruidos como la verdadera joya científica tallada durante el año recién concluido—, la acción contra el cáncer por el producto NOUS-209, de la empresa biotecnológica Nouscom, con sede principal en Basilea, Suiza, que ha conseguido una prevención, en casos de altísimo riesgo, para el síndrome de Lynch.

Explicado con otras palabras, es el primer fármaco que “intercepta” el cáncer (específicamente el síndrome mencionado). Esta vacuna de neoantígenos compartidos indujo respuestas inmunes potentes y duraderas. Después de aplicarse, ningún paciente desarrolló nuevos adenomas avanzados en el seguimiento.

Su exclusividad reside en que no intenta curar, sino impedir que aparezca el signo del cangrejo en quienes tienen todas las papeletas para desarrollarlo. Es sabido por los médicos que los portadores del síndrome de Lynch tienen hasta 80 por ciento de riesgo de cáncer colorrectal. La única opción actual son cirugías radicales o colonoscopias interminables.

Probablemente, este sea el avance conceptual más importante y, a la vez, el de cobertura mediática más pobre, a pesar de que el resultado

de su investigación fue publicado en la influyente revista *Nature Medicine*.

Se puede sospechar la causa de tal infravaloración: Es el primer dato clínico que demuestra que se puede “entrenar” al sistema inmune para eliminar lesiones precancerosas. Esto significa que es la puerta de entrada a la oncología preventiva inmunológica, cuando la mayor parte de las investigaciones persiguen productos y terapias curativas. Ese cambio de paradigma merece estar en portadas, no solo en revistas especializadas.

NOUS-209 no es el único producto transparente ante las cámaras. Qué decir de la personalización total con células tumorales propias en 34 pacientes terminales, cuyo 50 por ciento alcanzó beneficio clínico y hasta un paciente se salió con las suyas al acumular más de siete años de supervivencia sin tratamiento. De tal suerte, MVX-ONCO-1HUG, de la suiza Universidad de Ginebra (UNIGE), recibió el Premio Pfizer 2026. Y a pesar de la distinción, su progresismo ha pasado inadvertido.

Otros han tenido mejor suerte, como la quimioterapia convertida en precisión CNIO (biomarcadores de inestabilidad cromosómica), capaz de identificar a 20-50 por ciento de pacientes que no responden a ese tratamiento, evitándose así inútiles toxicidades. Este año

en curso es el de su ensayo clínico y se espera que tenga un gran impacto potencial. Ciertamente, ha tenido una mejor promoción, aunque limitada a círculos científicos.

Mientras eso ocurre,



otros descubrimientos sí han conseguido tener mayor visibilidad. Es el caso de los neoantígenos para cáncer renal, que son vacunas personalizadas que han estado desarrollando la estadounidense Yale y otros laboratorios. Se encuentran en fases tempranas de desarrollo, pero prometen llegar a buenos paraderos al ser conceptualmente sólidas. De ahí que su promoción haya sido media: el concepto es conocido, pero los resultados son aún inmaduros.

¿Y por qué algunos avances no reciben la cobertura que merecen?

En primer lugar, por la complejidad técnica de sus contenidos (menudo reto explicar en 30 segundos, por qué una vacuna previene pólipos en Lynch). También suelen silenciarse si la paciente no resulta “sexy” (como los antibióticos o los antidepresivos, que no generan titulares sobre fármacos milagro multimillonarios).

Para entender el desconocimiento, decisiva resulta también la discordia entre madurez clínica y precocidad: los medios tienden a sobredimensionar resultados preclínicos en ratones e infravalorar datos humanos sólidos, aunque sean en cohortes pequeñas. También cuando se trata de una enfermedad “rara” en términos poblacionales (el síndrome de Lynch no lo es tanto, pero ya hemos visto...), y rara vez recibe la atención de los cánceres de alta prevalencia.

Lo anterior nos alerta sobre la importancia del periodismo científico y confirma la validez de los esfuerzos de *JT* para lograr profesionales cada vez más especializados, dispuestos a cambiar las narrativas tradicionales o facilistas para democratizar el conocimiento de las ciencias.

A fin de cumplir con este precepto, intentemos concluir que al margen de cuánto suene un nuevo producto (y de quién puede beneficiarse con este, porque la fuerza empresarial no es poca), el estado real de la investigación en terapias personalizadas contra el cáncer ha entrado en una madurez clínica y ha superado la gelatinosa fase de “promesa”. Los ensayos fase 1 y 2 muestran beneficios tangibles en supervivencia y control de la enfermedad en pacientes reales.

A la vez, se ha conseguido diversificar las estrategias. Recordemos que poco tiempo atrás, prácticamente se competía solo por la mejor vacuna de ARNm. Ya no. Hoy existe una explosión de enfoques: nanomedicina inhalada, plataformas de entrega de ARNm, proteómica funcional, avatares en huevo y edición del microbioma tumoral.

Y no por último menos importante, se busca el abaratamiento y accesibilidad. Los avances más infravalorados (uso de genéricos, células tumorales completas, test predictivos) son justamente aquellos que demuestran que se puede personalizar sin arruinar al sistema sanitario.

Las cuentas de la cuántica

Muchas líneas actuales de investigación —no solo contra el cáncer— van superando la fase de promesa experimental. Hace feliz saberlo. Admirados como niños, podemos asombrarnos más y más con los avances conseguidos durante 2025, gracias a los sesudos que empujan hacia más allá de los límites imaginables, la computación cuántica.

Coqueteando con la perezosa cursilería adverbial, podemos resumir que los resultados han sido extraordinarios y sin precedentes. Digamos que han marcado un punto de inflexión decisivo, y aquello que fue promesa ha entrado en una etapa de validación comercial y rigor ingenieril.

Es más, ya no parece un alarde barato el anuncio de empresas como Google y Microsoft, de construir para 2029 la primera computadora cuántica comercial. Cuando esta salga al ruedo, será considerada una revolución informática por su potencia de cálculo sin precedentes. Pero antes deben asegurarse tener sistemas cuánticos más estables y escalables, en los cuales ya trabajan.

Por ahora, las computadoras cuánticas todavía son experimentales y enfrentan altas tasas de error, así que están algo lejos de ser concebidas en la vida práctica y profesional.

En fechas recientes, sin embargo, ha habido logros de infarto, como uno de IBM, la vetusta empresa de Nueva York, que en enero de 2025 se adelantó en la carrera y reveló su propio chip de computadora cuántica. Majorana 1, tal es su nombre, cabe en la palma de la mano y sería la herramienta de la compañía para avanzar con una tecnología cuántica más confiable y real. Inconformes aún, los ingenieros de la firma apuntan a lograr, en 2026, su primer procesador cuántico, capaz de almacenar información y de realizar operaciones lógicas.

Tanto como la peregrinación por el camino de Santiago, invariable parece ser la ruta de esta compleja tecnología hacia la meta de una computadora cuántica comercialmente útil. Y más cuando por los avances acaparados últimamente y la evidente pisada fuerte intelectual, los horizontes temporales se aprecian cerca, muy cerca, casi al roce de la uña; y porque esa sensación de “tierra a la vista” ha hecho salivar como perros de Pavlov a muchísimos inversionistas, tres veces más que los engatusados durante el año precedente.

Solo no ha cambiado el protagonismo: Siguen detentando el liderazgo Estados Unidos y China con no pocas miradas atravesadas. La Unión Europea, Reino Unido, Canadá y Australia conforman un sólido segundo nivel de caravana, con fortalezas específicas, pero sin pulmones capaces de alcanzar el aliento de los punteros.

China, es conocido, tiene una concentración de dominio sin precedentes, pues controla 60



por ciento de las patentes globales en computación y comunicaciones cuánticas, frente a 42 por ciento en 2014. También genera más publicaciones científicas que cualquier otro país: 39 por ciento del total mundial.

La nación asiática ostenta una red de comunicación cuántica que supera los 12 mil kilómetros. Como la estrategia que sigue es el modelo estatal, que prioriza la soberanía tecnológica y el establecimiento de estándares propios, puede presumir su capacidad de escalar industrialmente y desplegar infraestructura a velocidad gubernamental.

Bastante diferente se revela Estados Unidos, con liderazgo en calidad investigadora (se valora con el índice más alto de todo el mundo), resonancia científica y ecosistema empresarial reconocidos. Sus estudios tienen mayor impacto académico que los chinos, aun con menos patentes.

La inversión pública no es poca: más de 2 mil 700 millones de dólares manejados a través de la National Quantum Initiative (NQI). También desarrolla cooperación bilateral internacional con más de diez países. Sin embargo, para investigar es determinante el peso de las empresas líderes: IBM, Google, Microsoft, IonQ, Rigetti, PsiQuantum... las cuales emplean un modelo híbrido de I+D corporativa y derivación académica.

En resumen, China atemoriza en volumen y despliegue territorial; Estados Unidos ruga en calidad, innovación disruptiva y ecosistema comercial. La Unión Europea araña en investigación fundamental y formación, pero es incapaz de comercializar como la nación americana o escalar sus sistemas como el gigante oriental.

No extraña que el año 2025 haya sido calificado como el momento en que la investigación sobre la futurista herramienta “acelera su

camino al mercado”: Los avances no se limitan a laboratorios, sino se materializan en productos comerciales, aplicaciones empresariales con retorno medible y una inyección de capital que valida la confianza del mercado.

O si se prefiere, leerse con otra caligrafía, sepa que desde el año que cerró —y así será este, el que sigue y el siguiente...— la computación cuántica ya no es solo I+D: las empresas reales obtienen ventajas medibles. Punto y aparte.

Miremos los reportes: meses atrás la humanidad fue testigo del lanzamiento de Helios, de la empresa Quantinuum, considerado el ordenador cuántico comercial más preciso hasta la fecha. Pasará a la historia por ser programable como una computadora clásica y compatible con el procesador CUDA-Q, de Nvidia. Al ser el primer sistema de uso general y alta precisión con clientes reales (gigantes como JPMorgan Chase, SoftBank, Amgen, BMW...), la máquina valida que la novedosa tecnología genera “investigaciones de relevancia comercial”.

Otras entregas del año han fascinado por sus velocidades de vértigo, por los volúmenes de datos manejados, la certeza de las predicciones, la tolerancia a fallos, la escalabilidad, la entrega con antelación de plazos. Por tanto, esta tecnología (y no solo por sus hitos) acorta las metas de alcance de modelos comerciales, pues la plata para investigar ya aparece.

Es decir, no solo se baten récords técnicos, sino, por primera vez, se tienen casos documentados de retorno de inversión en ámbitos productivos. Eso explica por qué prometen, con total desparpajo, tocar el cielo en 2026, 2027, 2029...

¡Quién lo creería en 2024! Y quién imaginaría que, como un invertido *déjà vu*, estuviéramos sintiendo en la piel vivir el futuro en el pasado. **JI**

PARQUE CIENTÍFICO TECNOLÓGICO DE LA HABANA

Incubar ideas, alcanzar los sueños

Con 128 proyectos de innovación, unos 40 resultados concretos y 40 empresas incubadas, el Parque Científico Tecnológico de La Habana se prepara para un 2026 de consolidación y crecimiento, conectando ciencia, tecnología y jóvenes emprendedores con el mercado nacional e internacional

POR SUSANA ANTÓN RODRÍGUEZ



@Susyan911

FOTOS: RICARDO LÓPEZ HEVIA



En 2019, durante una jornada del evento internacional Cibernación, convocado por la Unión de Informáticos de Cuba, la idea de un Parque Científico Tecnológico comenzaba a tomar forma dentro de esquemas estratégicos integrales para impulsar, entre otras opciones, la transferencia de tecnología articulando el sector científico, el económico y el empresarial.

Durante esa época, el entonces director de Transferencia Tecnológica de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) —hoy presidente del Parque Científico Tecnológico (PCT) de La Habana— Rafael Torralbas Ezpeleta, señalaba que se trabajaría para que los proyectos que se ejecutaran impactaran, a la larga, en la sociedad cubana.

A siete años de esas declaraciones, el PCT ha demostrado haber cumplido las expectativas y permanece con la misma idea de seguir aportando y creciendo.

Por ello, el directivo de esta institución afirma que iniciaron 2026 con un programa de crecimiento centrado en la ampliación de proyectos de innovación, el fortalecimiento de empresas de base tecnológica y la consolidación de vínculos con clientes nacionales e internacionales.

Tras cerrar 2025 con resultados superiores a los previstos, el Parque se propone aumentar el número de proyectos activos —que actualmente supera los 120— hasta alcanzar alrededor de 150 iniciativas, priorizando aquellas con impacto directo en sectores estratégicos de la economía y los servicios.

Este crecimiento estará acompañado, además, por una política de mayor rigor en la selección y seguimiento de los proyectos, con énfasis en su viabilidad técnica, su sostenibilidad económica y su capacidad de generar soluciones concretas a problemas reales del país.

Más que una expansión cuantitativa, el 2026 se concibe como un año de refuerzo institucional.

Consolidación como eje estratégico

De acuerdo con Torralbas Ezpeleta, el Parque busca afianzar los modelos de trabajo que han demostrado resultados, fortalecer los procesos internos y elevar la calidad de los servicios que ofrece a empresas, organismos y entidades públicas.

La experiencia acumulada durante 2025 permitió perfeccionar los mecanismos de acompañamiento a proyectos de investigación, desarrollo e innovación, así como optimizar





la relación entre los equipos técnicos, las universidades y los clientes.

Es por ello que pudiéramos afirmar que el Parque ha logrado posicionarse como un espacio de articulación entre la ciencia y la producción, donde las ideas transitan desde el ámbito académico hasta soluciones tecnológicas implementables.

Asimismo, Torralbas Ezpeleta agregó que la proyección internacional tiene dos derivaciones importantes.

"Nosotros tenemos en estos momentos 29 convenios internacionales firmados y nos hemos propuesto para 2026, más que crecer, tratar de operacionalizar con acciones concretas al menos cinco de estos convenios", afirmó.

A ello se suma la intención de consolidar las membresías internacionales de la AI Alliance Network (Alianza de Inteligencia Artificial) y la Asociación Internacional de Parques Científicos y Áreas de Innovación (IASP, por sus siglas en inglés); y la membresía nacional a la Cámara de Comercio de la República de Cuba, donde coordinamos el *cluster* de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, además de colaborar de manera intensiva en el nuevo Consorcio de Inteligencia Artificial.

Otro tema "obligatorio" en este 2026 es seguir creciendo en clientes nacionales e inter-

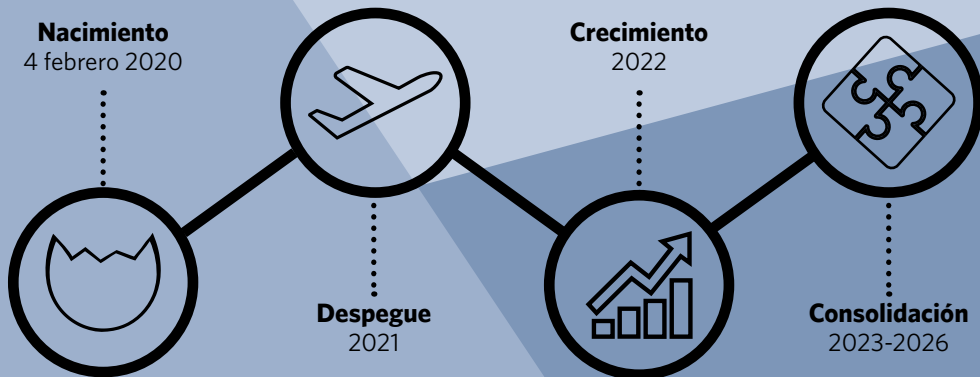
Para Torralbas Ezpeleta, más que una expansión cuantitativa, el 2026 se concibe como un año de consolidación institucional.

nacionales, con la aspiración de aumentar en al menos 10 en este último.

El directivo comentó que, en sus seis años de existencia, el PCT acumula en ventas netas más de mil millones de pesos, mientras que, en ingresos por exportaciones, suma más de dos millones de dólares. "De esta forma, pensamos en ejecutar el primer millón de dólares en un año, favorecidos, en parte, por un grupo de condiciones que hemos creado y también por otras circunstancias, como el nuevo esquema de financiamiento de divisas".

Actualmente, se ejecutan proyectos con clientes extranjeros en varios mercados, lo que permite generar ingresos en divisas y ampliar la proyección internacional de las soluciones tecnológicas desarrolladas en Cuba.

Estos ingresos, señaló Torralbas Ezpeleta, no solo fortalecen la sostenibilidad financiera del Parque, sino que también benefician a las empresas y universidades vinculadas, al posibilitar procesos de inversión, recapitalización y desarrollo de nuevas capacidades.



Innovación orientada a resultados

Durante 2025, una parte significativa de los proyectos desarrollados en el PCT estuvo enfocada en procesos de transformación digital, con aplicaciones concretas en la gestión empresarial, la informatización de procesos productivos y el desarrollo de plataformas tecnológicas para instituciones del sector público.

Destacan, entre ellos, proyectos vinculados a la informatización del sector de la salud por el Centro de Informática Médica (CESIM), que permitieron mejorar sistemas de información, optimizar la gestión de datos y facilitar procesos administrativos en el Centro Nacional de Cirugía de Mínimo Acceso, al punto de ser reconocido como el “primer hospital sin papeles en el país”.

Asimismo, resaltó la labor de EMSI FARMA S.R.L en la automatización de la línea de llenado de bolsas de soluciones para hemodiálisis y un equipo para la pasteurización de albúmina humana en la Empresa de Sueros y Productos Hemoderivados; una máquina de llenado y tapado de frascos en el Centro de InmunoEnsayo; y la modernización de un fermentador en el Instituto Finlay de Vacuna.

Por otra parte, destacó el desarrollo por Laberinto Tech S.R.L de un sistema de comercio electrónico para el turismo que se convierte

en el soporte de la transformación digital de Transtur.

Estas experiencias, explicó el presidente del Parque, confirman el papel de la tecnología como herramienta clave para elevar la eficiencia de los servicios.

Empresas de base tecnológica: crecimiento sostenido

El Parque cerró el pasado año con 40 empresas de base tecnológica en proceso de incubación, una cifra que refleja la vitalidad del ecosistema emprendedor asociado a la innovación.

La mayoría de estas empresas —acotó Torralbas Ezpeleta— pertenece al sector privado, aunque también existen iniciativas vinculadas al estatal y al ámbito académico.

Muchas de estas empresas surgieron a partir de ideas que llegaron al Parque en fases tempranas y que, gracias al acompañamiento técnico, jurídico y comercial, evolucionaron hasta convertirse en proyectos empresariales consolidados.

Este acompañamiento ha sido clave para reducir los riesgos habituales del emprendimiento tecnológico, donde una sola empresa dejó de ser viable, debido a causas ajenas a su modelo de negocio, lo que evidencia la efectividad del sistema de incubación.

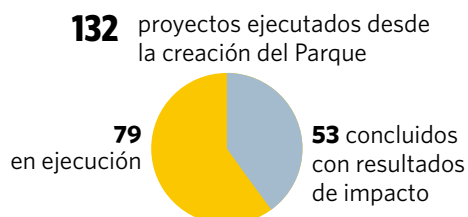
Desde el punto de vista empresarial, Fernando Suárez Concepción, director de EMSI FARMA S.R.L, comentó que “el Parque fue clave en el descubrimiento y apoyo a la innovación, así como en la búsqueda de mecanismos institucionales que nos permitieran despegar y vincularnos con el sector biotecnológico y farmacéutico cubano”.

Gracias a ese respaldo, significó, transitamos de ser “un pequeño grupo de emprendedores

EL PCT EN CONTEXTO

- 6 años de fundado
- Ecosistema de innovación para I+D+i y Empresas de Base Tecnológica (EBT)
- Enfoque en TIC, transformación digital y desarrollo productivo

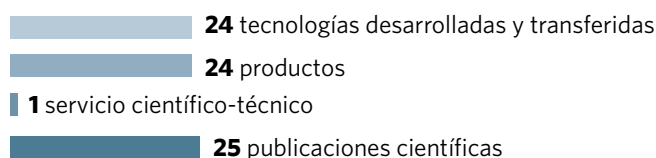
PROYECTOS DE I+D+i



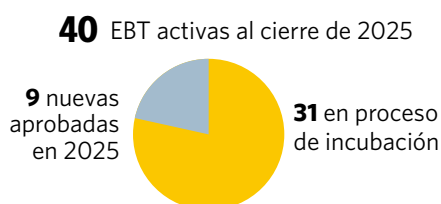
CARTERA DE CLIENTES



RESULTADOS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS (2025)



EMPRESAS DE BASE TECNOLÓGICA



TRABAJO CON ORGANIZACIONES INTERNACIONALES



Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura



Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo



Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia



Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

PROYECCIONES 2026

- Expansión de proyectos de I+D+i
- Mayor impacto económico y productivo
- Fortalecimiento del modelo de gestión

Fuente: Informe de Balance 2025 del Parque Científico Tecnológico de La Habana. Diseño: Leonid Prado

—operando bajo una licencia de trabajador por cuenta propia— a convertirnos en un proyecto de investigación e innovación”.

El acompañamiento del Parque, ponderó Suárez Concepción, resultó decisivo en la conformación de EMSI FARMA como Empresa de Base Tecnológica, al recibir asesoría en temas jurídicos y administrativos, además de apoyo en las primeras experiencias de exportación de servicios especializados.

Asimismo, el PCT brindó acceso a un sistema de beneficios fiscales, lo cual permitió superar etapas complejas inherentes a la creación y gestión de una nueva empresa tecnológica.

Y, como si todo esto fuera poco, le abrió las puertas a una red internacional de parques científicos, lo que facilitó el acercamiento al de la Universidad de Alicante, en España, un vínculo que ha sido esencial para iniciar el

proceso de internacionalización de EMSI FAR-MA y ampliar nuestra visión hacia mercados europeos.

Por su parte, Yunior Almaguer Bajuelo, director general de Laberinto Tech SRL, comentó que el PCT acompañó el proyecto desde sus inicios, incluso, antes de la creación formal de la empresa, cuando era impulsado con un producto mínimamente viable y un primer cliente.

Luego, tras aprobarse la ley para la creación de las mipymes, la entidad de interfaz brindó apoyo integral durante todo el proceso de constitución de la empresa.

Contó Yunior Almaguer que, una vez creada Laberinto Tech y definido su perfil como fábrica de software dedicada al desarrollo y evolución de productos informáticos, el Parque asumió servicios no directamente vinculados a la producción, como son la contabilidad, los recursos humanos, la asesoría jurídica y la gestión comercial, lo que permitió consolidar una sinergia de trabajo y avanzar en la evolución de la plataforma tecnológica.

Servicios integrales e integración con la academia

Las empresas y proyectos vinculados al PCT acceden a un conjunto de beneficios adicionales en la legislación vigente, que incluyen incentivos fiscales, facilidades para la importación de bienes y servicios, y el uso de infraestructura tecnológica especializada.

A ello se suman servicios de valor añadido, como son asesoría jurídica, contable y financiera, gestión de recursos humanos y apoyo en la representación comercial. Este respaldo permite a las empresas concentrarse en el desarrollo de sus productos y servicios, mientras cuentan con apoyo institucional para su inserción en el mercado.

El Parque actúa, además, como intermediario en la relación con clientes nacionales e internacionales, facilitando la negociación de contratos y la ejecución de proyectos.

Por otra parte, la vinculación con las universidades constituye uno de los pilares fundamentales del Parque. La articulación entre docencia, investigación y empresa crea un entorno favorable para la formación práctica de estudiantes y jóvenes profesionales, quienes participan directamente en proyectos de innovación con impacto real.

En ese aspecto, Torralbas Ezpeleta fue enfático al afirmar que el PCT de La Habana es un resultado de la evolución del modelo de docencia, investigación y producción de la UCI y su sociedad de interfaz Kainos, porque en la universidad es donde se hace ciencia.

“Esa ciencia es capaz de conectar con el sector empresarial, porque en esta es donde

realmente se innova y se lleva un resultado a la zona de impacto económico y social. O sea, el resultado científico de la universidad *per se* no es nada”.

Una de las premisas del ecosistema es, también, “aprovechar” al estudiante en formación incorporándolo a proyectos o vinculándolo a nuevas empresas.

Para Torralbas, esto no solo contribuye a su formación, sino que abre una puerta a ese joven como profesional, brindando señales de que “existen espacios en el país en los cuales puede realizar un proyecto innovador, un proyecto tecnológico y también, por qué no, después un proyecto de vida”.

El PCT cuenta con estudiantes fundamentalmente de la UCI, de la Universidad Tecnológica de La Habana (CUJAE), de la Universidad de La Habana y, en algunos proyectos, de la Universidad Central Marta Abreu de las Villas y de la Universidad de Oriente.

“Tenemos estudiantes hasta en proyectos de exportación, lo cual es importante, y en la norma jurídica que soporta el Parque, también es remunerado. Por tanto, está recibiendo una gratificación por lo que le estamos enseñando a hacer”, recalcó.

También resaltó el trabajo con las empresas de interfaz mediante una relación que no es de competencia, sino colaborativa.

Este modelo, dijo convencido, “contribuye a retener talento joven, generar oportunidades de empleo calificado y fortalecer la cultura de innovación tecnológica en el país”.

De cara a 2026, el Parque Científico Tecnológico de La Habana se propone consolidar su rol como espacio articulador de la innovación, ampliar la calidad y el alcance de sus proyectos y fortalecer la relación entre ciencia, tecnología y desarrollo económico.

El reto, subrayó su presidente, será sostener el crecimiento alcanzado y traducir la innovación en resultados que contribuyan al desarrollo del país.

Lo que comenzó como un lugar para incubar ideas, hoy es un ecosistema vivo: la ciencia se conecta con la empresa, los jóvenes descubren que pueden construir su futuro y que crear soluciones que impacten la vida real es posible. **JT**

MERCADOS DE CARBONO

El comercio de lo invisible

La urgencia de mitigar los gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera, causantes principales de la aceleración del cambio climático a límites incompatibles con el equilibrio ambiental, ha llevado a la comunidad internacional a buscar soluciones tecnológicas, económicas y financieras. En ese escenario fallido, los mercados de carbono se posicionan como una potencial solución. Entrar en ellos implica conocer al detalle cómo operan

POR YANEL BLANCO MIRANDA

X @yanelblanco

El mercado, en su surgimiento funcionó bajo la premisa de comprar o intercambiar objetos que podían tocarse, consumirse o transformarse: la sal, el trigo, carnes y otros bienes necesarios para la vida; luego entraron los intangibles o incorpóreos, como los servicios o producciones intelectuales.

La profunda crisis climática que vive la humanidad ha puesto precio en la tarima de la compra-venta a las emisiones de dióxido de carbono (CO₂); las ha convertido en un activo negociable, cotizado en lo que se conoce como mercados de carbono (MC).

Esta herramienta financiera, diseñada para tratar de limitar el calentamiento global a 1,5 °C y dar cumplimiento a los compromisos asumidos por los países en el Acuerdo de París y en

las sucesivas conferencias de las partes de las Cumbres sobre Cambio Climático, también es un intento de las naciones desarrolladas por facilitarse el cumplimiento de la deuda histórica adquirida en sus procesos de industrialización.

En los mercados de carbono se comercia con evitar el daño ambiental o con la licencia para cometerlo. Se trata de un sistema donde una operación exitosa se mide por la cantidad de gases no emitidos a la atmósfera.

Ante este panorama, quienes en el pasado podían liberar CO₂ sin que se afectaran sus balances financieros, ahora se encuentran en un dilema: reducir sus emisiones o pagar por su contaminación.





Para Alejandro García Moya, director de la UMECC, la generación de tecnologías endógenas podría ser clave para evitar la dependencia. (FOTO: CORTESÍA DEL ENTREVISTADO)

La primera opción es más costosa; incluiría invertir en tecnologías más limpias, mejorar la eficiencia energética o cambiar procesos para dañar menos el medio ambiente. Mientras la segunda, va de acudir a los mercados para comprar créditos de carbono y así compensar el impacto negativo.

Para entender cómo funciona todo este entramado debe conocerse qué es este mecanismo, cuándo surgió, por qué la necesidad de crearlo, y cómo y quién puede acceder a él.

Anatomía de una transacción

Los mercados de carbono son sistemas comerciales en los que se venden y compran créditos de carbono y permisos de emisión. Esta forma de intercambio tiene sus antecedentes en el Protocolo de Kioto, firmado en 1997, durante la tercera Conferencia de las Partes (COP 3) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) en Japón.

Ese documento señalaba a los países industrializados como los principales responsables de los altos niveles de gases de efecto invernadero (GEI) presentes en la atmósfera, y los comprometía a limitar o reducir las emisiones de estos gases.

Asimismo, establecía tres mecanismos de flexibilidad para contribuir a cumplir los objeti-

vos de reducción de las Partes en los periodos 2008-2012 y 2013 a 2020: Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), el Comercio Internacional de Emisiones y la Implementación Conjunta, estos dos últimos solo disponibles para naciones ricas.

El MDL (más conocido, y vigente hasta hace poco) proponía que los estados prósperos pudieran ejecutar proyectos para reducir las emisiones en aquellos en vías de desarrollo y obtener a cambio créditos o bonos de carbono (denominados Certificados de Reducción de Emisiones), los cuales se contabilizarían como parte de su cumplimiento de las metas internacionales.

Alejandro García Moya, director de la Unidad Técnica para el Mercado de Carbono en Cuba (UMECC) y vicepresidente de la Agencia de Energía Nuclear y Tecnología de Avanzada, explica que, si bien “los MDL dejaron de tener fuerza en algún momento debido a una serie de situaciones dadas a nivel global, propias de esta primera experiencia y de la política internacional, los mecanismos de MC se mantuvieron funcionando” (y prosperaron en el sector voluntario).

No es hasta el 2015, con la firma del Acuerdo de París en la COP 21, que se retoma con mayor fuerza la idea de emplear estos instrumentos financieros refrendados en el Artículo

6, con el propósito de reducir de manera más rápida y eficaz los gases de efecto invernadero.

La diferencia con respecto a Kioto es que en París sí se instituyeron objetivos puntuales, además de definirse Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional o Contribuciones Nacionalmente Determinada (CND).

Las CND reflejan la ambición de cada país en materia de mitigación, teniendo en cuenta su contexto y capacidades internas. Son compromisos que detallan las aportaciones a realizar para disminuir las emisiones y adaptarse al impacto climático.

El Lic. García Moya señala que “estas contribuciones poseen dos maneras de implementación: las condicionales y las incondicionales.

“Las incondicionales son aquellas que los estados definen y fijan alcanzar en el tiempo dispuesto por ellos, sin ayuda económica externa. Y las condicionales, las que las naciones reconocen con un potencial de reducción de emisiones, pero dependen de financiamiento internacional. Es precisamente a través de es-

tas últimas donde se presenta la oportunidad para aplicar a los mercados de carbono”.

El Artículo 6 sobre los MC y su funcionamiento, contempla el empleo de instrumentos de mercado (llamados enfoques de cooperación voluntaria) a través de dos mecanismos principales: la Transferencia Internacional de Resultados de Mitigación (ITMO, siglas en inglés), establecidos por el Artículo 6.2 del Acuerdo y un Mecanismo internacional centralizado recogido en el punto 6.4.

El especialista aclara que, “aunque estos apartados no hacen alusión directa a los mercados de carbono al no llevar ese título, en la práctica funcionan como tal”, pues según el Acuerdo de París en sus primeros acápites, se abarca la cooperación voluntaria entre los



países (mercado voluntario), permitiendo a los Estados Parte comprar o vender las reducciones de emisiones adicionales logradas, en comparación con el objetivo climático fijado por ellos en sus CND. Siempre y cuando promuevan el desarrollo sostenible y garanticen la integridad ambiental y la transparencia, amén de aplicar una contabilidad robusta que asegure la ausencia del doble cómputo.

De igual forma se crea un mecanismo para contribuir a la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero y apoyar el desarrollo sostenible. Este funcionará bajo la autoridad y la orientación de la Conferencia de las Partes (mercado regulado), con una estructura bajo la cual los países podrán comerciar las reducciones de emisiones (bonos) y remociones de carbono a nivel internacional.

También se retoman todos aquellos proyectos que operaban bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio regulado, establecido por el Protocolo de Kioto y supervisado por la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático.

La particularidad de este apartado, a diferencia del MDL, es que contempla la posibilidad de que los países anfitriones puedan hacer uso de los créditos generados, para cumplir sus propios objetivos de reducción de emisiones.

El Artículo 6.8, en cambio, promueve el uso de enfoques no relacionados con el mercado, para facilitar la cooperación internacional, incrementar la ambición y posibilitar la implementación de las CND.

“El mecanismo incluye cooperación bilateral e internacional hacia otras maneras de compensar este intercambio de unidades de reducción de emisiones, que no sea monetario directamente, sino más bien transferencia de tecnología y otro tipo de colaboraciones de acuerdo con lo pactado por las Partes”, subraya Alejandro García

Ahora, ¿cómo operan estos mercados de carbono voluntarios (MCV) y regulados (MCR)?

La lógica detrás de este sistema implica asignar un costo a la contaminación, donde las empresas pueden comprar créditos para compensar sus emisiones de GEI. En este caso, un bono negociable equivale a una tonelada de dióxido de carbono o a la cantidad equivalente

Resulta imprescindible cumplir con los compromisos climáticos adquiridos en cuanto a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
(FOTO TOMADA DE: WWW.CLIMATICA.COOP)



de un gas de efecto invernadero diferente que ha sido evitado, reducido o removido de la atmósfera.

Pese a compartir el mismo objetivo, estos instrumentos funcionan de maneras distintas y están diseñados para atender necesidades específicas. Los regulados operan bajo límites de emisiones establecidos por leyes o acuerdos internacionales, y la principal ventaja es su capacidad para garantizar reducciones verificables, mediante un marco legal sólido.

En cambio, los voluntarios ofrecen mayor flexibilidad, permitiendo que empresas, organizaciones e, incluso, individuos compensen sus emisiones sin estar obligados por la ley.

Los créditos de carbono en estos mercados están respaldados por estándares internacionales, que deben garantizar que los proyectos financiados sean confiables y generen beneficios reales para el clima.

Cuentas claras

Después de seis años de intensos debates sobre lo estipulado en el Acuerdo de París sobre los mercados de carbono, en 2021 durante la COP 26 en Glasgow, Escocia, se estableció el llamado Libro de Reglas de la aplicación del Artículo 6.

El texto allana el camino para poder implementar un nuevo mercado de carbono mundial, en el que los países comercien bonos para cumplir con sus contribuciones nacionales.

Para la Lic. Laura Beatriz Rodríguez Castellón, graduada de Relaciones Internacionales y especialista del Centro de Investigaciones de la Economía Mundial (CIEM), “la excusa de los mercados de carbono es que no importa donde se mitigue”, siempre que las emisiones globales disminuyan en la cantidad acordada, pues la atmósfera es una sola. “Y se va a realizar donde más barato sea.

“Aunque los proyectos de mitigación se llevarán a cabo en naciones en vías de desarrollo, ese ahorro que se obtenga será asignado a aquellas que ejecutaron los programas”.

La investigadora del CIEM también aclara, al referirse al comercio de los bonos de carbono, que se califican como créditos de compensación porque es precisamente eso, “una compensación puesto que muy pocos de los proyectos logran disminuir las emanaciones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, solo las equilibran a nivel mundial.

“Los países, en vez de desarrollar políticas públicas o al interior de las empresas, para

¿Por qué mercados de carbono?

El término proviene del hecho de que el CO₂ es el gas de efecto invernadero predominante, que más tiempo permanece en la atmósfera una vez emitido. Por lo que el resto de los GEI serán medidos en unidades de equivalencia, con respecto a este, y a partir del poder de calentamiento global (PCG) que posea cada uno.

Gases de Efecto Invernadero (GEI) más importantes:

- Dióxido de carbono (CO₂)
- Metano (CH₄)
- Óxido nitroso (N₂O)
- Gases fluorados: Clorofluorocarbonos (CFC), Hidrofluorocarbonos (HFC), Hexafluoruro de Azufre (SF₆)

¿Cómo se crean los créditos de carbono?

- 1 Diseño del proyecto:** El promotor del proyecto debe detallar sus planes para reducir emisiones.
- 2 Validación:** Un auditor independiente (acreditado) evalúa la conformidad del diseño con las reglas y requisitos del programa o el estándar, en virtud del cual el promotor quiere registrar su proyecto.
- 3 Registro:** El estándar lleva a cabo su propia evaluación y aprueba la inscripción.
- 4 Ejecución del proyecto:** En algunos casos, la ejecución ocurre paralelamente al proceso de registro. En tal caso, el promotor asume el riesgo de empezar la inversión sin contar con la certeza de la aprobación del proyecto.
- 5 Seguimiento del proyecto:** El promotor supervisará varios parámetros con el objeto de medir el impacto del proyecto y lo pondrá en el informe.

A woman with dark hair and glasses, wearing a white button-down shirt, is speaking and gesturing with her hands. She is standing in front of a whiteboard.

Para la Lic. Laura Beatriz Rodríguez Castellón, especialista del Centro de Investigaciones de la Economía Mundial (CIEM), "la excusa de los mercados de carbono es que no importa donde se mitigue", siempre que las emisiones globales disminuyan en la cantidad acordada, pues la atmósfera es una sola.

6 Verificación: El informe de seguimiento es objeto de verificación por un auditor independiente.

7 Emisión de créditos: El estándar del MC emite los créditos correspondientes al impacto climático estimado en el proyecto. Estos se depositan en la cuenta del promotor, en el registro de créditos de carbono del estándar.

8 Comercialización: Los créditos emitidos pueden venderse en el mercado a empresas, particulares o intermediarios.

* Una vez que un comprador final decide utilizar un crédito para compensar algunas de sus emisiones, para afirmar la neutralidad de carbono, o reafirmar su contribución a la acción climática nacional en un país concreto, entonces el crédito se "retira" o "cancela" y no puede comercializarse de nuevo.

¿Cómo se determina el precio del carbono?

No existe un precio único. Este depende de:

- Tipo de proyecto (naturaleza, energía, residuos).
- Región y país anfitrión.
- Calidad del crédito (co-beneficios, certificación, adicionalidad).



Funcionamiento de mercados de carbono



FUENTE: MF Economía e Inversiones con datos de ENGE.

Infografía • **calde**

Funcionamiento de los mercados de carbono.

realmente contribuir a atenuar los GEI con energías limpias o estructuras de descarbonización, adquieren los créditos de carbono para hacer un blanqueamiento verde de sus compromisos (*greenwashing*), y presentar una imagen de responsabilidad ambiental, mientras continúan con sus prácticas de altas emisiones.

Pese a que la mayoría de los proyectos realizados en el mundo persiguen la compensación como resultado final, en la Cumbre de las Partes celebrada en Egipto en 2022 (COP 27), las naciones acordaron establecer un nuevo tipo de crédito de carbono: la unidad de contribución a la mitigación.

Esta tiene la característica de que seguirá contando para el objetivo climático del país anfitrión (donde se desarrollen las acciones) después de la venta y no como compensación para un agente externo.

Si bien los mercados de carbono constituyen una herramienta de financiación para lograr el cumplimiento de los compromisos nacionalmente determinados, hay a nivel internacional preocupaciones en cuanto a la doble contabilidad, que ocurre cuando más de una parte se atribuye la misma reducción o eliminación de emisiones.

Ulises Fernández Gómez, especialista de la UMECC aclara que esto “se evita mediante mecanismos regulatorios robustos y no es responsabilidad de quienes proponen el proyecto, sino de la autoridad ambiental”.

Esta es la encargada de dar seguimiento a los programas en cada fase, a través del registro nacional, el sistema de medición, reporte y verificación, y, sobre todo, con el diseño de un marco político adecuado que contemple qué parte de esos resultados de mitigación va a ser

transferido, a declararse contribuciones globales y cuáles se van a reservar para la CND.

En ese sentido, el especialista añade que el Acuerdo de París posee un artículo (13), que determina un sistema marco reforzado de transparencia, para tratar de impedir que estos hechos sucedan.

“Además, en los registros de la Convención en cuanto a los Artículos 6.2 como el 6.4, se establece que para una empresa comprar los créditos de carbono debe estar declarado expresamente por quien los emite.

“No obstante, es la vigilancia internacional la que garantiza que no haya doble contabilidad. Cada unidad transaccional debe ser trazable y no puede tener dos destinos”.

Cuba y los mercados de carbono

En 2025 el Consejo de Ministros de Cuba aprobó la inserción del país en los mecanismos de mercado de carbono que se estaban implementando en el mundo, y designó al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) como la autoridad nacional para llevar a cabo la preparación de las entidades y organismos, con el fin de participar en esos sistemas.

Para cumplir con esa disposición, el CITMA trazó una estrategia de trabajo que, al decir de Alejandro García, evaluaba tres líneas fundamentales: “crear la parte metodológica, técnica, de procedimientos, evaluación y regulación; implantar los modelos de negocios; ver cómo, desde el punto de vista mercantil, se podía implementar ese mecanismo y estipular un marco legislativo para controlar ese proceso.

“Con esto como premisa, uno de los primeros resultados fue la publicación de la Resolución 106 de 2025: ‘Reglamento para las actividades

del mercado de carbono', que establece cómo será medida esta actividad en el país", y la necesidad de constituir una unidad técnica como estructura organizativa.

Por tal motivo se funda la Unidad Técnica para el Mercado de Carbono en Cuba, que tiene entre sus funciones facilitar los procesos de presentación, evaluación y aprobación nacional de actividades del MC; implementar y mantener actualizada una plataforma virtual con la base documental especializada, y aprobar las metodologías, protocolos y estándares adoptados a todos los actores involucrados en el mercado, entre otras.

"En eso nos encontramos ahora a un nivel muy general. Como en todo proceso habilitador, hay que crear los marcos de entendimiento y preparación de los sectores clave", subraya Ulises Fernández.

"Incluso, comenzamos antes de la inauguración de la oficina con la impartición de reuniones, talleres y seminarios en organismos como el de la energía, para explicar desde el punto de vista social cuál es la visión de Cuba y por qué se adentra en este fenómeno.

"En un mundo además, que para la izquierda ambiental internacional está marcado por los intereses corporativos, el lavado de dinero y el *greenwashing*.

"Entonces es interesante ver cómo el país se inserta con su propia narrativa y usa el mercado de carbono para contribuir a la consecución de objetivos nacionales estratégicos como la transición energética, la soberanía alimentaria o la descontaminación de la industria, prioridades trazadas por el Gobierno.

"Porque al final, los proyectos de MC son instrumentos financieros para apoyar los objetivos de desarrollo sostenible y los compromisos climáticos cubanos".

Uno de los aspectos relevantes a los que hizo alusión Fernández Gómez, fue la pérdida de la credibilidad si no se cumplen las normas diseñadas para los mercados de carbono, en cuanto al destino de los recursos financieros resultantes de una transacción.

"Eso haría que los proyectos no fueran elegibles y es algo que debe tenerse bien claro. Esto es una solución para resolver problemas ambientales, mas no constituye un mecanismo para sanear las finanzas del país ni destinarlo a otro objetivo.

"El acatar las reglas establecidas es, quizás, el desafío más grande que tenemos, así como lograr un sistema que garantice la medición de reporte y verificación, y detecte a tiempo señales de deterioro o retroceso de las condiciones creadas para los proyectos. De igual forma, garantizar que toda la información esté claramente visible para todo aquel que desee consultarla", manifiesta el experto.



Ulises Fernández Gómez, especialista de la UMECC, asegura que el mercado de carbono es un instrumento importante, pero no es el único. (FOTO: CORTESÍA DEL ENTREVISTADO)

"El mercado carbono es un instrumento importante, pero no es estratégico, ni es el único. Lo que hace es dar espacio a los intereses corporativos de las empresas de los países desarrollados, en un mundo donde hay cada vez más abandono de los compromisos climáticos.

"En ese mundo injusto y desigual tenemos que jugar nosotros. No podemos esperar a arreglarlo para después desarrollarnos".

Lo importante es no perder de vista que, aunque constituyen un gran atractivo para los países sin importar el lado de la balanza en que se encuentren, esta es una victoria pírrica ante los grandes problemas ambientales que aquejan al planeta.

Pocos son los proyectos que buscan contribuir y no solo compensar la emisión de gases de efecto invernadero que va a la atmósfera. Los estados desarrollados deberían saldar su deuda climática suministrando recursos financieros, tal y como están obligados jurídicamente a hacerlo en el marco de la CMNUCC y el Acuerdo de París, y con arreglo a los principios de equidad, responsabilidades históricas y comunes, pero diferenciadas. **JT**

Minecraft

POR ANA FLAVIA GARCÍA ELIAS,
ESTUDIANTE DE PERIODISMO

En este videojuego de mundo abierto, de Mojang Studios y Microsoft, considerado el más vendido de la historia, los jugadores exploran, construyen y sobreviven en un entorno generado por bloques. Ya sea en solitario o en línea, su esencia radica en la libertad para crear estructuras, recolectar recursos y enfrentarse a criaturas

Surgimiento: 2011

Creador: desarrollador sueco Markus Persson (mejor conocido como Notch).

Características: es un videojuego de mundo abierto (*sandbox*, en inglés) y no tiene un fin claramente definido, aunque existe una dimensión llamada "The End", en la cual se puede derrotar a la dragona del End y aparecen los créditos.

Objetivos: Colocación y destrucción de bloques que representan distintos elementos de la naturaleza: tierra, piedra, minerales, troncos y otros.

Software de programación: Java para la edición *Java Edition* de dispositivos que usan el sistema operativo Microsoft, y en el software C++ para la edición *Bedrock Edition* para dispositivos móviles.

Jugabilidad

Cámara en primera persona, aunque el jugador puede cambiar de perspectiva.

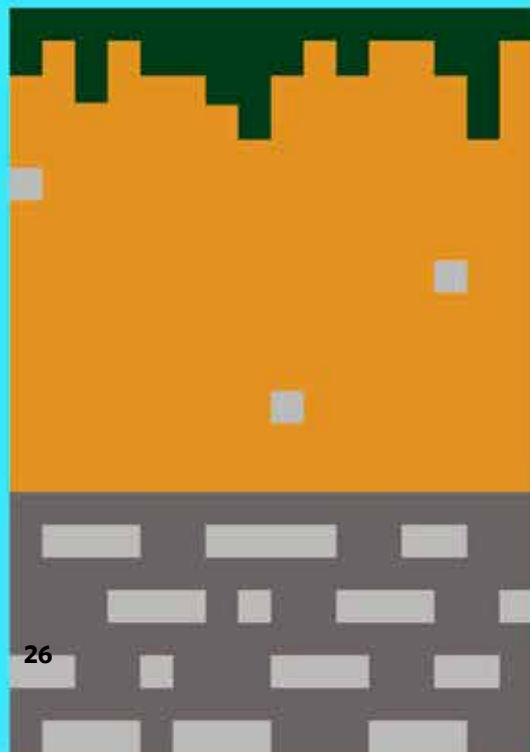
Los jugadores son libres de desplazarse por el entorno y modificarlo mediante la creación, recolección y transporte de los bloques.

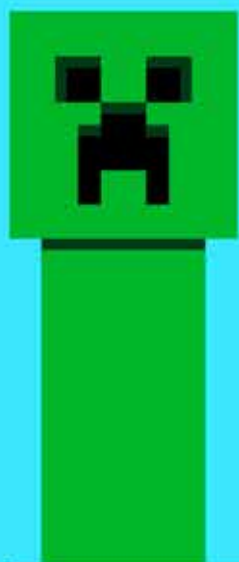
En el juego se pueden encontrar estructuras especiales como aldeas, galerías mineras, templos marinos, pirámides y templos selváticos.

Los jugadores son capaces de crear, además, las denominadas «granjas», estructuras y mecanismos para conseguir un fin, aprovechándose de ciertas mecánicas del juego.

Dificultad: Se cambia a conveniencia:

1. Pacífico (*peaceful/p* o 0): Ninguna criatura hostil puede aparecer o generarse, salvo evocadores, vindicadores, shulkers, hoglins, piglins, piglin brutos y el dragón del fin. La salud se recupera rápidamente y la barra del hambre nunca se agota.
2. Fácil (*easy/e* o 1): Las criaturas hostiles aparecen, pero infligen menos daño que en la dificultad Normal. La barra de hambre puede agotarse, dañando al jugador hasta que se queden con 10 puntos de salud (5 corazones), si se drena por completo.
3. Normal (*normal/n* o 2): Las criaturas hostiles aparecen y causan un daño estándar, alrededor de 2 o 3 puntos de daño (1 corazón a 1 corazón y medio). La barra de hambre puede agotarse, dañando al jugador hasta que se quede con 1 punto de salud (medio corazón), si se drena por completo.
4. Difícil (*hard/h* o 3): Las criaturas hostiles infligen mayor daño que en la dificultad Normal. La barra de hambre puede agotarse, dañando al jugador hasta que muera, si se drena por completo.
5. Extremo.





Generación de mundo

Al inicio del juego, el jugador se encuentra en un mundo generado de manera procedural, mediante varios algoritmos como el ruido Perlin, el ruido rosa y otros, lo cual permite que este sea inmenso, teniendo en ocasiones hasta 30 millones de bloques en todas las direcciones.

Hay una gran cantidad de diferentes mundos (diferentes versiones de los algoritmos mencionados). Un día en el juego equivale a 20 minutos en la realidad.

El mundo no se genera por completo al principio, sino que está dividido en *chunks* («trozos», «pedazos») de 16 x 16 bloques en horizontal y en las versiones actuales de 384 bloques en vertical. Los *chunks* cercanos al jugador se cargan en la memoria, pudiendo elegir la distancia mínima a la que se cargan. A medida que este se desplaza, se generan y añaden nuevos *chunks* al mundo.

Modos de juego

Supervivencia: Se trata de la supervivencia al ataque de las múltiples criaturas que surgen en la oscuridad o de noche. El máximo aguante que tienen los personajes consta de 10 corazones (20 puntos de salud). En este modo las herramientas, armas y armadura se gastan con el uso.

Creativo: Se centra en la construcción libre. Los jugadores poseen un suministro ilimitado de todos los bloques y objetos del juego, que pueden colocar y destruir de forma instantánea. No son atacados por los monstruos, son inmunes a todo daño (aunque sí pueden morir cayendo al vacío si están en Java Edition, o mediante el comando `/kill`) y pueden volar libremente por el mapa.

Extremo: Idéntico a supervivencia, con la diferencia de que tras la muerte del jugador este ya no puede volver a revivir y la dificultad está fijada en difícil.

Espectador: Permite a los jugadores volar a través de bloques y ver el mundo sin interactuar con él. La barra de acceso rápido se convierte en un menú que permite al jugador teletransportarse a los jugadores en la partida. También es posible ver desde el punto de vista de otro jugador o criatura.

Aventura: Destinado a los jugadores que se dedican a crear mapas para usuarios que deseen jugar en línea o solos. Este modo se basa en los siguientes criterios:

El jugador solo puede romper un bloque si tiene la herramienta adecuada, y está programada con comandos para que pueda ser rota.

Si el creador del mapa así lo configura, la dificultad no puede ser modificada por los jugadores.

Mods y modos de juego no oficiales

Algunos usuarios o desarrolladores avanzados optan por crear sus propios modos de juego y aplicarlos en servidores o mapas de aventura para jugar en modo de un jugador.

En las primeras versiones preliminares de Minecraft, el único modo de juego disponible era similar al creativo actual. En particular, la versión clásica (que ya no recibe actualizaciones) aún puede jugarse gratuitamente desde navegadores web. **IT**

Y el viento guardó silencio

POR ARIEL HERNÁNDEZ REYES

ILUSTRACIONES: JONATHAN LUIS GONZÁLEZ RIVERO

Aquella tarde el polvo y las hojas fueron arrastradas por el viento del este, ese que los adivinos del reino de Zaer usaban para leer el futuro o curar males ocultos. Pero su canto se extinguió, y ningún presagio anunció lo que estaba por venir. Incluso los lamins, que crecen en las bases de los árboles, dejaron de vibrar y emitir su música. Un gran carruaje, empujado por bestias de fuego, irrumpió entre nosotros. El humo nos envolvió, hizo llorar los ojos y llenó las bocas de un sabor ajeno. Algunos se postraron, murmurando que eran dioses; otros huyeron de esos monstruos y abandonaron todo. Ese día comenzaron a cazarnos.

Los gigantes se esparcieron por el reino sobre animales enormes, cuyo paso resonaba como mil campanas, de aquellas que los adivinos forjaban con el raro material con que adornaban el viento. Era un estruendo que desgarraba el aire, como si el cielo se quebrara. Me atraparon con una red similar a la que yo solía usar para pescar en el río Auer. Ya no teníamos la agilidad de antaño. Pensé que había llegado mi fin. El ser me llevó hasta la boca de la bestia sobre la que andaba y me soltó en aquel hueco oscuro que devoraba la luz. Mis pensamientos recurrieron a Zaq y Yok, los dioses de mi pueblo. Creí que nos habían abandonado. Sin embargo, entre la niebla del terror, resonó en mí la voz de Kol: «los dioses no actúan sin un propósito». El viento callaba, ellos callaban... tal vez ese silencio era un mensaje que mi miedo no me dejaba entender.

El fin no llegó. Dentro de la bestia encontré a otros zaerianos. Una prisión lisa, fría y transparente nos encerraba a todos. Mis tentáculos recorrieron la superficie en vano. No había rocas a las que aferrarse. Era un mundo sin viento, con un aire pesado.

Un poco más allá divisé a Xu, mi novia. Sus ojos se encontraron con los míos; en ellos reconocí la misma señal de pánico que emiten las crías separadas del resto. Ella, como tantos otros, daba golpes a la barrera. Por todos lados, cuerpos se estrellaban contra las paredes. Me uní a ellos, pero la prisión era más firme que el tronco de Tonek, el árbol sagrado que representa nuestra fuerza. Insistimos hasta agotarnos. La superficie no cedía; solo dejaba pasar los gritos como murmullos ahogados. Exhaustos, nos desplomamos, algunos con convulsiones. Pero Kol, el adivino, no forcejeaba. Permaneció sentado en su celda, resignado, a la espera de señales de los dioses.

Mis catorce ojos localizaron a una figura abriéndose paso entre mi gente. Con dos de sus cuatro tentáculos rígidos se desplazaba, mientras que con los otros sostenía una tablilla brillante y una rama que dejaba rastros oscuros. Ejecutaba un ritual cuyo

eco maligno resonaba en mí, idéntico al de los círculos de poder que Kol trazaba con sus campanas.

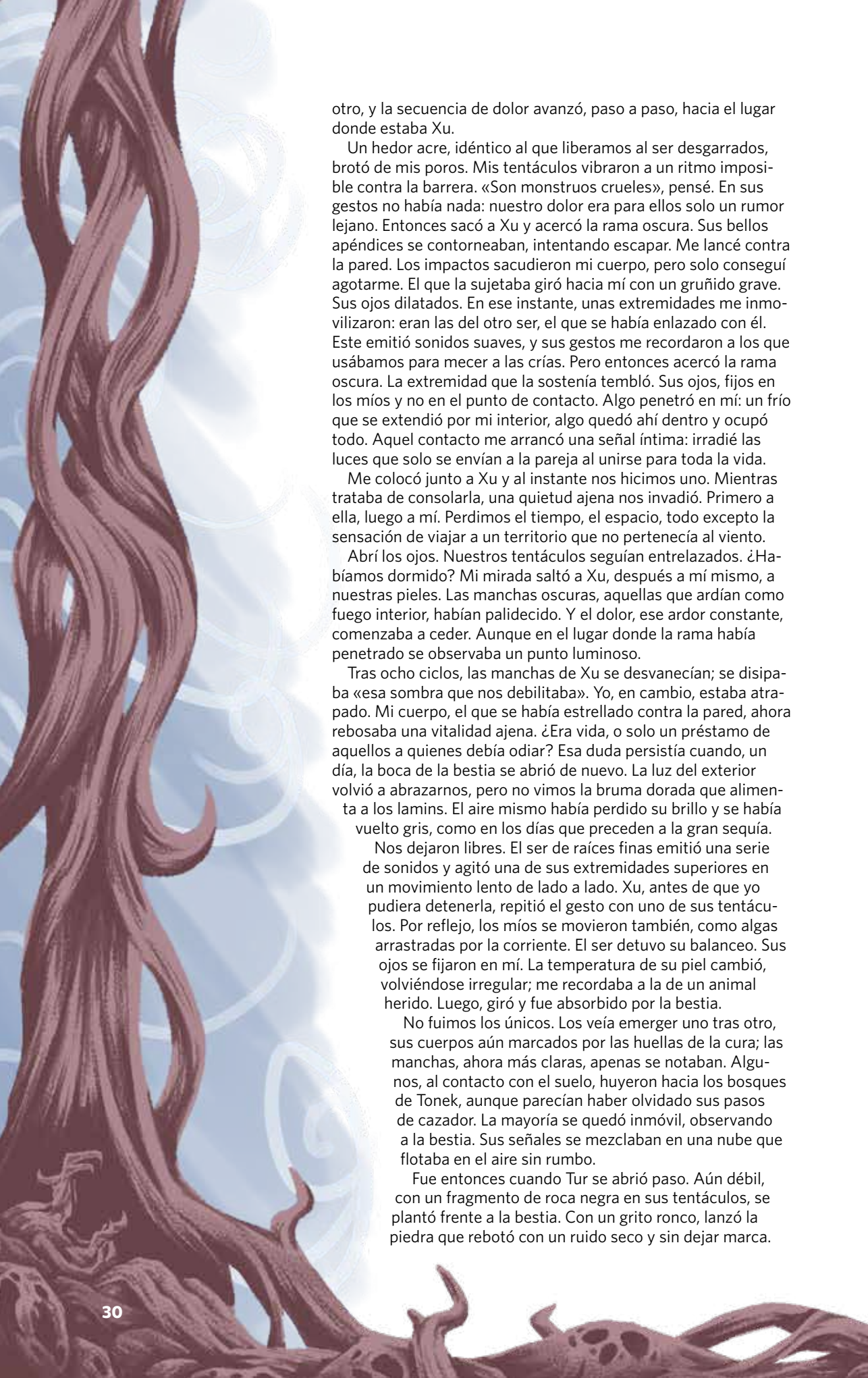
De su protuberancia superior solo brotaban dos ojos. ¿Cómo abarcarían el mundo con tan solo dos? Un sonido quebró el aire y apareció un segundo ser, la cabeza cubierta de raíces inertes como algas muertas del Auer. Y se enlazaron en un nudo quieto. De su unión emanó el mismo calor que yo compartía con Xu. ¿Eran tan diferentes?

Al separarse, sus miradas siguieron entrelazadas en un lenguaje silencioso. Ante esa imagen, vi de golpe a los de mi clan en casa: ¿habrían caído ante el ardor silencioso o capturados como yo? Hace cien ciclos había partido para regresar con Xu. Ahora, ese regreso...

El ser de los tentáculos rígidos reanudó su tarea. Sus ojos, marcados por pliegues oscuros como las grietas del Auer en sequía, no se apartaban de la tablilla luminosa. Solo lo interrumpían breves sonidos como ráfagas de viento y el gesto de frotarse la protuberancia con una extremidad. Hasta que la rama cayó. El ruido fue seco, idéntico al de un huevo de karst al romperse. Entonces el gigante se encogió, golpeó el suelo y emitió un gruñido áspero. Y supe, sin saber cómo, que algo en su control se había quebrado.

El ser de las raíces finas soltó una ráfaga de sonidos rápidos y bajos. El primero detuvo su movimiento, giró su protuberancia y respondió con un solo gruñido grave. Siguió un silencio. El segundo bajó la vista y retrocedió unos pasos. Cuando alzó la mirada, ya no parecía ver las paredes. Y entonces su piel cambió: adoptó el mismo tono apagado y grisáceo que tomaba Xu cuando nuestro enlace perdía fuerza.

Con un movimiento seco, el ser de la tablilla arrancó de su encierro a uno de los zaerianos y acercó una rama oscura a su cuerpo. El grito me atravesó. Intenté bloquear el sonido, envolviéndome en mis propios miembros, pero cada alarido era un aguijón de veneno puro, como el del pez Aru, sin la belleza de su caparazón fracturado al morir. La frialdad del gigante era un abismo más profundo que cualquier caverna. Lo devolvió, tomó a



otro, y la secuencia de dolor avanzó, paso a paso, hacia el lugar donde estaba Xu.

Un hedor acre, idéntico al que liberamos al ser desgarrados, brotó de mis poros. Mis tentáculos vibraron a un ritmo imposible contra la barrera. «Son monstruos crueles», pensé. En sus gestos no había nada: nuestro dolor era para ellos solo un rumor lejano. Entonces sacó a Xu y acercó la rama oscura. Sus bellos apéndices se contorneaban, intentando escapar. Me lancé contra la pared. Los impactos sacudieron mi cuerpo, pero solo conseguí agotarme. El que la sujetaba giró hacia mí con un gruñido grave. Sus ojos dilatados. En ese instante, unas extremidades me inmovilizaron: eran las del otro ser, el que se había enlazado con él. Este emitió sonidos suaves, y sus gestos me recordaron a los que usábamos para mecer a las crías. Pero entonces acercó la rama oscura. La extremidad que la sostenía tembló. Sus ojos, fijos en los míos y no en el punto de contacto. Algo penetró en mí: un frío que se extendió por mi interior, algo quedó ahí dentro y ocupó todo. Aquel contacto me arrancó una señal íntima: irradié las luces que solo se envían a la pareja al unirse para toda la vida.

Me colocó junto a Xu y al instante nos hicimos uno. Mientras trataba de consolarla, una quietud ajena nos invadió. Primero a ella, luego a mí. Perdimos el tiempo, el espacio, todo excepto la sensación de viajar a un territorio que no pertenecía al viento.

Abrí los ojos. Nuestros tentáculos seguían entrelazados. ¿Habíamos dormido? Mi mirada saltó a Xu, después a mí mismo, a nuestras pieles. Las manchas oscuras, aquellas que ardían como fuego interior, habían palidecido. Y el dolor, ese ardor constante, comenzaba a ceder. Aunque en el lugar donde la rama había penetrado se observaba un punto luminoso.

Tras ocho ciclos, las manchas de Xu se desvanecían; se disipaba «esa sombra que nos debilitaba». Yo, en cambio, estaba atrapado. Mi cuerpo, el que se había estrellado contra la pared, ahora rebotaba una vitalidad ajena. ¿Era vida, o solo un préstamo de aquellos a quienes debía odiar? Esa duda persistía cuando, un día, la boca de la bestia se abrió de nuevo. La luz del exterior volvió a abrazarnos, pero no vimos la bruma dorada que alimentaba a los lamins. El aire mismo había perdido su brillo y se había vuelto gris, como en los días que preceden a la gran sequía.

Nos dejaron libres. El ser de raíces finas emitió una serie de sonidos y agitó una de sus extremidades superiores en un movimiento lento de lado a lado. Xu, antes de que yo pudiera detenerla, repitió el gesto con uno de sus tentáculos. Por reflejo, los míos se movieron también, como algas arrastradas por la corriente. El ser detuvo su balanceo. Sus ojos se fijaron en mí. La temperatura de su piel cambió, volviéndose irregular; me recordaba a la de un animal herido. Luego, giró y fue absorbido por la bestia.

No fuimos los únicos. Los veía emerger uno tras otro, sus cuerpos aún marcados por las huellas de la cura; las manchas, ahora más claras, apenas se notaban. Algunos, al contacto con el suelo, huyeron hacia los bosques de Tonek, aunque parecían haber olvidado sus pasos de cazador. La mayoría se quedó inmóvil, observando a la bestia. Sus señales se mezclaban en una nube que flotaba en el aire sin rumbo.

Fue entonces cuando Tur se abrió paso. Aún débil, con un fragmento de roca negra en sus tentáculos, se plantó frente a la bestia. Con un grito ronco, lanzó la piedra que rebotó con un ruido seco y sin dejar marca.

Tur, consumido por el esfuerzo, se desplomó al instante, sacudido por temblores.

Entonces, el rugido. La bestia de fuego se puso en movimiento, empujando al gran carruaje. Ascendió hacia las nubes donde duermen los sueños.

De entre los troncos de Tonek emergió Kol. No dirigió sus ojos hacia Tur ni hacia nosotros. Se alejaba con la pesadez de quien ya no se cree adivino, hasta que una ráfaga del viento del este lo detuvo. Se irguió de golpe, como si una corriente fría lo hubiera atravesado. Sus ojos siguieron algo invisible en el aire. Luego, trazó un último círculo en el aire, pero lo dejó incompleto.

—Su mal no es como el nuestro —dijo—. El nuestro arde. El de ellos... absorbe.

Sin mirar a nadie, comenzó a alejarse. Pero antes de perderse entre los troncos de Tonek, volvió la cabeza y me miró fijamente a los ojos. Esa mirada me persiguió todos los ciclos que siguieron.

La vida intentó enraizarse de nuevo, pero como un árbol en suelo envenenado. Xu y yo partimos de regreso a casa, pero el punto brillante en el brazo era un recordatorio mudo. Cien veces se ocultó el sol antes de que encontrara su voz: un latido lento e implacable. A Xu le sucedió igual. Unos ciclos después, sentimos que tiraba de nosotros hacia la fría planicie blanca que se extendía a lo lejos. Intentamos no hacerle caso, pero un día Xu no resistió más y comenzó a avanzar hacia allá. Yo fui con ella. Observamos a otros que acudían al llamado por la misma ruta.

Luego de cuarenta y tres ciclos, lo vimos al fin: algo inmenso y bajo, de costra gris y porosa, como el lodo del Auer secado por un sol enfermo. Rezumaba calor húmedo. De su interior llegaba un zumbido de insectos de piedra y un olor espeso a nosotros mismos, era como la savia de muchas heridas abiertas.

Xu avanzó hacia la boca abierta. Mis tentáculos me traicionaron y la seguí. El latido en mi cuerpo marcaba el paso y el zumbido llenó mis poros. El olor se volvió aire. Crucé el umbral y vi a los de mi pueblo. No luchaban. Estaban quietos, plantados como troncos. De sus tentáculos salían lianas sin color. Por donde fluía su luz interior, unas gotas lentas caían en grandes estómagos transparentes que pulsaban con un resplandor cegador.

A un lado, los cuerpos ya vaciados yacían apilados, pálidos, sin brillo, como cáscaras de karst después de que se come el interior.

Algo frío y duro, como la garra de un animal de piedra, me inmovilizó. Otra rama oscura, más gruesa, buscó el punto de mi brillo. No pinchó. Se aferró allí y sentí que me vaciaban. Una corriente fría ascendía por donde antes circulaba mi calor, dejando a su paso solo vacío.

Fue como si me arrancaran mi esencia por una herida que no sangraba.

No había dolor. Mi luz era absorbida fuera de mí. La vi fluir, hermosa, por la liana sin color.

Cuando la luz dejó de fluir, la garra de piedra me soltó. Caí sobre una pila de cáscaras. Eran zaerianos, como yo. Los tocaba y no sentían nada. Eran vainas vacías. Yo también lo era. Miré a Xu a mi lado, pálida, sin brillo. Entonces, lo supe en mis tentáculos, como se sabe que el invierno ha llegado: por el frío en la piel y la ausencia de hojas. El viento golpea mi cuerpo, ¿traerá un nuevo presagio? **JT**



YUSLÍN GONZÁLEZ ABREU

Por el camino más largo

La única mujer joven científica cubana asociada a la Academia de Ciencias del Mundo en Desarrollo (TWAS) tiene sus sueños en proyectos que nacen desde el sitio que la vio crecer, la Universidad de La Habana

POR ROSMERY PINEDA MIRABAL

La clase de piano no resultó, y la ingeniería industrial tampoco. Comenzó los estudios de esa carrera en la Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría y bastó su primera experiencia práctica para replantearse un nuevo futuro.

La antigua fábrica de circuitos impresos Palma PCI fue ese escenario que lo cambió todo. A Yuslín González Abreu, más que interesarle los métodos de optimización de procesos, la cautivó el procedimiento de litografía para imprimir circuitos y ello decidió su próximo paso.

Dejó la ingeniería, volvió a casa, comenzó un periodo de incertidumbre sobre qué hacer, hasta un buen día en el que su madre, lectora del periódico *Tribuna de La Habana*, encontró una convocatoria para estudiar la carrera de Física en la Universidad de La Habana a través de una prueba de aptitud.

La prueba no era un examen de ingreso tradicional, sino un reto que valoraba más la creatividad, la intuición y la capacidad de resolver problemas físicos con razonamiento propio, algo para lo que ella solo contaba con conocimientos básicos y mucha curiosidad.

En 2003, tras aprobar el examen y completar el requisito de Historia de Cuba, Yuslín se inicia como estudiante de la licenciatura de Física, en un lugar que aún hoy no la deja escapar.

"La Facultad de Física es adictiva"

Para quien estuvo en otras instituciones, la comparación se vuelve casi inevitable. Yuslín conoce bien el trabajo de los profesores con los estudiantes y hasta puede recordar sus años como alumna;





De izquierda a derecha: Yuslín, el profesor Ignacio, el profesor Armando Pérez Perdomo, anterior rector de la Universidad de La Habana, y su amiga de la carrera Ana, en una actividad de las Brigadas Universitarias de Trabajo Social. (FOTO: CORTESÍA DE LA ENTREVISTADA)

entonces no resultará extraño que sea esta una de sus principales motivaciones delante de un aula.

“La Facultad de Física es adictiva. La atención de los profesores siempre ha sido muy buena. Independientemente del nivel de vida que tuviéramos, nos atendían de una manera muy personalizada, inculcando la responsabilidad y la ética en nosotros. Su dedicación te motivaba a venir todos los días a pesar de las condiciones en que te desarrollarías. Yo creo que eso es muy importante y ayuda mucho.

“Desde el punto de vista de las asignaturas, del intercambio con los profesores, recibíamos gran apoyo, y más para quienes como yo estuvimos vinculados a las actividades de la FEU y la Juventud. También siempre vimos la investigación como lo más importante, después de la docencia, a la cual había que dedicarle tiempo e interés porque no servía de nada estudiar cinco años y no mostrar un deseo real por la investigación”.

Esta no solo fue su experiencia como estudiante, sino también como joven; todavía se

recuerda aquí, entre estos mismos pasillos y laboratorios. Ahora, según cuenta, la dinámica se intenta mantener, aunque es más difícil.

“El claustro de la Facultad ha cambiado mucho. Cuando yo empecé había un claustro, cuando me gradué había otro y ahora es uno completamente diferente. Pero la esencia se mantiene: la de inculcar el amor hacia la física, hacia un mayor nivel científico, una mayor rigurosidad y ética profesional”, asegura.

Es un estilo de idas y venidas, como la vida misma. “Desde la carrera una se enfoca por lo que quisiera para un futuro no tan lejano, en tercero y cuarto años manifiestas el interés por quedarte en la docencia, por trabajar en centros donde ya tienes un vínculo laboral o por ambas cosas a la vez”. Yuslín fue de las que quiso quedarse y aquí está, contándonos su historia.

—En 2014 defiendes tu tesis doctoral sobre “Obtención y caracterización de materiales ferroeléctricos libres de plomo” ¿Por qué eliges esa línea de investigación y qué aplicaciones prácticas tienen estos materiales?

—Yo empecé a hacer investigación en el año 2005 aproximadamente, en un laboratorio donde había varios grupos de trabajo. La mayoría de los materiales que se estudiaban eran ferroeléctricos, cuya estructura se conoce como perovskita. Estos tienen varias aplicaciones por las propiedades que presentan, ya sea en sensores de temperatura o como transductores en la transformación de energía mecánica a energía

Yuslín es profesora del departamento de Física Aplicada y vicedecana de investigación y posgrado de la Facultad de Física de la Universidad de La Habana (FOTO: SHERYL MÁRQUEZ VEGA)

eléctrica. De ellos, los de mejores propiedades son los basados en plomo y esa fue una de las cuestiones que determinó el hacer una tesis de doctorado en materiales libres de plomo.

“Por otro lado, en la licenciatura yo estudio un fenómeno de relajación y conductividad eléctrica en materiales con estructura perovskita y en la maestría comienzo a trabajar con materiales con estructura aurivillius, que son más complejos. Cuando terminé esta última me di cuenta, a partir de esa revisión bibliográfica, de que había cuestiones que no estaban claras, sobre todo el porqué de esas propiedades y cambios significativos, y el porqué existía una transición entre ferroeléctrico normal y relaxo. Por eso, propusimos el tema de conjunto con la Dra.C. Aimé Peláiz Barranco, quien fue mi tutora.

De ese momento, donde una se piensa muchas veces las razones para emprender el largo y retador camino de una investigación, Yoslín recuerda lo avaricioso que pareció su tema al comité de doctorado, sobre todo porque dentro del grupo de materiales ferroeléctricos ella quería estudiar diferentes ejemplos de estos, lo cual fue fundamental para luego establecer una línea de investigación.

“Esos materiales, tanto la estructura que poseen como el hecho de poder hacer muchas sustituciones dentro ellos mismos, permite que tengan diferentes aplicaciones como materiales multifuncionales y hace que sean tan importantes. El objetivo aquí es buscar ya materiales estudiados para ver de qué forma se modifican y luego aplicarlos a otras propiedades o mejorar las suyas.

“Cuando hice el doctorado las aplicaciones eran en piezoeléctrico de altas temperaturas,

el cual posibilita lograr mantener ese fenómeno y ampliar el rango de aplicación en temperatura de dichos materiales. Esto es interesante porque a medida que incorporas otro elemento, obtienes la transición de ferroeléctrico normal a relaxo.

Después pude transitar hacia los materiales con que estoy trabajando hoy, que se aplican precisamente en las memorias ferroeléctricas no volátiles y se estudian para lograr el acoplamiento entre las propiedades magnéticas y eléctricas sin usar propiedades del magnetismo y de la ferroelectricidad. Eso hace que la investigación establezca un punto de partida para que otros investigadores y estudiantes de la propia carrera sigan avanzando el tema. Hasta el momento, este es el centro de un proyecto internacional con Francia y de un proyecto de Ciencias Básicas de la Facultad”.

Las preguntas de la profesión

Compaginar roles suele ser difícil, pero si le ponen a escoger, ella ha de irse siempre por el camino más largo, el de la investigación: “Investigar me apasiona más, pero la docencia es muy importante y hay que tratar de superarse

*La joven científica trabajando con muestras en el Laboratorio.
(FOTO: SHERYL MÁRQUEZ VEGA)*





Durante su participación en el Fórum de Ciencia y Tecnología en la Sociedad en Kioto, Japón 2023. (FOTO: CORTESÍA DE LA ENTREVISTADA)

como profesor. Entonces, no es solo docencia e investigación, es también ser jefa y vicedecana", dice.

Y es que, en su funcionamiento de vida, la investigación siempre ha tenido que ceder porque la docencia resulta más apremiante y se desarrolla en un periodo de tiempo muy específico, con horarios para prepararse, impartir clases, formar a otros profesionales, organizar procesos docentes y liderar.

"No es que quede completamente atrás, sino que tienes que buscar otros espacios para hacer investigación. Por ejemplo, la caracterización experimental necesita un mínimo de un mes. Nosotros lo que hacemos es garantizar la mayor cantidad de experimentos en un tiempo determinado para poder procesar después esa información en las madrugadas, el fin de semana, o en las vacaciones".

Yuslín nunca dijo "cuando se pueda terminaré de escribir", sino "detrás de la física hay mucha dedicación" y habló durante unos minutos sobre el artículo publicado el pasado año, para el cual necesitó emplear el tiempo de sus vacaciones. En julio envió el documento y agosto fue para su revisión.

Ese trabajo complementa los numerosos artículos que ya tiene publicado en revistas internacionales y agranda su perfil en *Google Analytics*, sin embargo, no cree que más de 300 citas —como las que ya tiene— sean un medidor para cuantificar su contribución científica.

"El tema de las citas es un asunto muy cuestionable y lo hemos discutido varias veces en la Facultad. Hay personas que tienen muchísimas y realmente no cuentan con una contribución específica o trabajan en tantas cosas que su aporte viene más a través de sus estudiantes que de ellos mismos. En mi caso, yo me consi-

dero una investigadora joven, sé que estoy en un punto que no es el inicio, pero mi contribución viene precisamente a partir de esa línea de investigación que ahora tiene un poco más independencia.

"¿Qué pasa? Después del doctorado hice un posdoctorado en el extranjero, donde casualmente coincidí con una persona que había sido formada por uno de mis tutores y esa interacción me permitió rellenar los espacios que aún no conocía y no había puesto en práctica por limitaciones reales en cuanto a técnicas y aplicaciones. Trabajé con materiales completamente diferentes a los que había usado antes y fue aquí cuando me decidí —nos decidimos— a trabajar en esta línea. También me marcó mucho la experiencia a nivel del conocimiento, porque supe qué era lo que yo quería.

"Sobre mi contribución al mundo de la física tengo aún mis dudas, una cosa son las aplicaciones y otra es la ciencia que haces. Cinco años atrás me hubieran preguntado cuál era ese aporte y hablaría de todos los trabajos que salieron después del doctorado, los cuales no guardan relación con mi tema de investigación actual, y hoy estoy precisamente enfocada en esa línea".

Algo ha quedado claro en esta pregunta, y es que para Yuslín un(a) físico(a) de menos de 50 años lo tiene más complicado en cuestión de aportes, porque hoy la rodean grandes investigadores que, ya vencida esta edad, siguen haciendo contribuciones importantes.

Justo después de casi haber concluido el asunto, añade: "Yo tengo una publicación que es la más citada, cierto, y no creo que sea la más trascendental, una valora también su crecimiento profesional y la evolución en cuanto a las publicaciones, cómo se enfocan y cómo se publican".

De estudiante a profesora

El departamento de Física Aplicada imparte clases en la carrera de Física y en otras como



Farmacia y Alimentos, Biología, Microbiología, Bioquímica y, Geografía.

“Para mí, motivar a los estudiantes es todo un reto y depende mucho de la asignatura que imparta, por lo general se da primero Mecánica, después Electromagnetismo y, luego, Óptica y Física moderna. Cuando comienzan a dar Mecánica, vienen con una idea del pre-universitario y creen que ya lo conocen todo. Entonces, necesitas introducir nuevos conceptos y mostrarles aplicaciones de un modelo mecánico en relación con la investigación que ellos piensan hacer. Y así sucesivamente, ir vinculando la física a sus especialidades.

“Yo pienso también que los alumnos están cada vez más lejos de saber cuál puede ser su capacidad real como científicos, por eso hay que hablarles a través de investigaciones particulares”.

Por otra parte, su mayor satisfacción como profesora es oírle decir a sus estudiantes ya graduados: “La física me marcó”, ya sea de forma positiva o negativa, porque muchos de ellos le confiesan que esta asignatura fue como poner los pies sobre la tierra. Le alegra verlos organizando una feria de ciencia, presentando trabajos en fórums científicos, impartiendo clases en la facultad, pues ella sabe que ahí radica su granito de arena.

Su responsabilidad como vicedecana de investigación y posgrado nació también por la comprensión hacia sus compañeros, porque en un escenario de cargas, según Yúslin, algunos tienen el peso de investigaciones más sólidas, o mayor número de estudiantes de pregrado o posgrado, o sostienen a su familia, y aún así tratan de llevar la Facultad adelante.

La física cubana en el mundo

“Cuando fui propuesta desde mi propia Facultad como Joven Científica Asociada de la Academia de Ciencias del Mundo en Desarrollo (TWAS), lo viví como un gran honor. Sentirme reconocida en el lugar donde me formé, hice mi maestría y mi doctorado, en mi casa, fue una primera gran satisfacción. Después, cuando me escogieron en TWAS en el 2022, ya tenía cierta experiencia por haber estado asociada a la Academia de Ciencias de Cuba (ACC), pero el significado de pertenecer lo entendí más tarde”.

Durante el Foro de Ciencia y Tecnología en la Sociedad, en Japón en 2023, Yúslin conoció a otros jóvenes asociados y comprendió que el objetivo de la academia mundial era precisamente el de fomentar el intercambio científico entre los países del Sur, generar redes de contactos, así como ver las realidades y condiciones de investigación de otros científicos. Eso fue lo que hizo valorar aún más la situación de Cuba en cuanto al desarrollo de la ciencia.

En ese sentido, ella considera que existen otros muchos jóvenes cubanos científicos con potencialidades para merecer este reconocimiento y formar parte de esta agrupación, aunque afirma que para pertenecer a TWAS es necesario haber pasado antes por la ACC, por un tema de experiencia y de contribución real: “Es esencial conocer la realidad científica de tu propio país, cuestionarla, apoyarla y contribuir primero desde dentro. De esa forma creo que se logra una mejor representación de Cuba en el mundo, porque se trabaja en consecuencia con su contexto y se tejen redes aún más sólidas entre los participantes, no

para el beneficio personal, sino para potenciar la ciencia cubana”.

Los estigmas desde cualquier parte

Desde que entró al mundo de la física, Yúslín no encajaba en el molde, pues en su experiencia hay un patrón muy estereotipado que define a los científicos (y científicas) de la rama.

“Según el estereotipo, un(a) físico(a) es una persona retraída, que no baila, que no disfruta de la vida social, completamente introvertido. Yo, desde el principio, rompí ese patrón. Siempre me ha gustado compartir con mi familia, salir con amigos, ir a una discoteca... Creo que cada quien tiene su método para llegar a los resultados, y el mío incluye esa vitalidad. La constancia y la dedicación en el laboratorio son compatibles con una vida plena fuera de él”.

Sin embargo, los desafíos más duros no vinieron por su personalidad, sino por otros dos aspectos, de los cuales también se enorgullece: ser mujer y cubana. Ambas han pesado bastante a lo largo de su trayectoria, sobre todo fuera de las fronteras nacionales, donde le sobran historias para contar.

“Una de las experiencias que marcó mi carrera ocurrió durante mi doctorado, en una de las estancias en Francia. Había sido enviada desde un laboratorio pequeño en el sur del país a un importante centro científico especializado en física de la materia condensada en el norte, específicamente en Amiens. Era un lugar que agrupaba a investigadores de todo el mundo.

“Allí predominaban los hombres. Recuerdo que mujeres solo éramos dos. En ese ambiente, un día llegó un investigador doctorado de Túnez y, al ver que yo era una mujer y aún estudiante de doctorado, asumió que debía cederle mi turno en el equipo de mediciones. Su actitud dejaba claro que, en su mente, él —por ser doctor y hombre— tenía prioridad sobre mí. La situación fue tan clara que el profesor a cargo tuvo que intervenir para explicarle que yo tenía una agenda prioritaria y un vuelo de regreso a Cuba, que no podía cambiar. Aquel momento me demostró que mundialmente todavía existe esa visión estereotipada de quién tiene el poder y sobre qué se sustentan para ejercerlo.

“También en ese mismo laboratorio, un grupo de investigadores rusos se rieron de mis muestras de cerámicas, porque eran un poco más gruesas y menos “elegantes” que las capas delgadas nanométricas a las que ellos estaban acostumbrados. La suerte es que en lugar de sentirme mal, triste o intimidada por esa situación, yo volvía sobre una idea muy clara: estas son las muestras que tengo y con ellas hago mi ciencia. Era mi forma de defender no solo mi trabajo, sino las condiciones y realidades de los que investigamos en Cuba”, reafirma.

Al final, por suerte, esos prejuicios no definieron el resultado de la investigación doctoral de Yúslín. Aquella estancia, gracias al apoyo de varios colegas que sí juzgaron el trabajo por su mérito, fortaleció una colaboración internacional que ha durado 14 años con proyectos conjuntos y mucho respeto profesional.

Más un presente que un futuro

Desde el punto de vista científico, para ella es importante que esa línea de investigación, de la cual ha venido hablando hasta aquí, alcance una base un poco más sólida y se concrete sus resultados, porque a medida que trabaja sigue descubriendo cosas nuevas.

“Necesito aprovechar al máximo las posibilidades y optimizar el tiempo para poder llegar al objetivo que persigo, eso realmente es lo próximo a lo que aspiro, además de jubilarme —se sonríe y continúa—, yo digo que quiero jubilarme. Esa es una frase que decía muchas veces el anterior vicedecano y ahora la digo yo. Juro que veces tengo esa misma sensación debido al estrés continuo, las tantas responsabilidades y el querer cambiar tantas cosas y a la vez no poder cambiar nada. Tú misma te preguntas: ‘¿Qué estoy haciendo?’.

“La física es una profesión muy consagrada en cuanto a la investigación y la docencia. Tienes que estar continuamente motivando a los estudiantes y eso me cuesta, porque creo que uno debe tener madurez o por lo menos saber enfrentar este tipo de cosas en la vida, como mismo me pasó a mí. Yo empecé un camino y terminé en otro. ¿Quién me iba a decir a mí que yo sería Doctora en Ciencias Físicas?”.

Sin embargo, insiste sobre una idea que ha sido casi la esencia de este diálogo: “es muy importante tener personas que te impulsen, te apoyen y crean en ti”.

Pensé en el bucle en que ha girado esta conversación, en su rol como profesora durante 17 años, en su liderazgo como vicedecana de investigación y posgrado, en su representación como la única mujer joven cubana asociada a TWAS, en su valentía ante las miradas desiguales, en su fuerza y la sinceridad que defiende; no hice más preguntas. Escribí y todo quedó aún más claro. **JT**

1 La piezoelectricidad es un fenómeno que ocurre en determinados cristales que, al ser sometidos a tensiones mecánicas, adquieren en su masa una polarización eléctrica, apareciendo una diferencia de potencias y de cargas eléctricas en su superficie.

Humanizar el trabajo con soluciones propias

Un software de la empresa Ingenius S.R.L. registra una eficacia superior al 95 por ciento en labores de transcripción

POR RAÚL ABREU MARTÍN

✕ @ramartin96

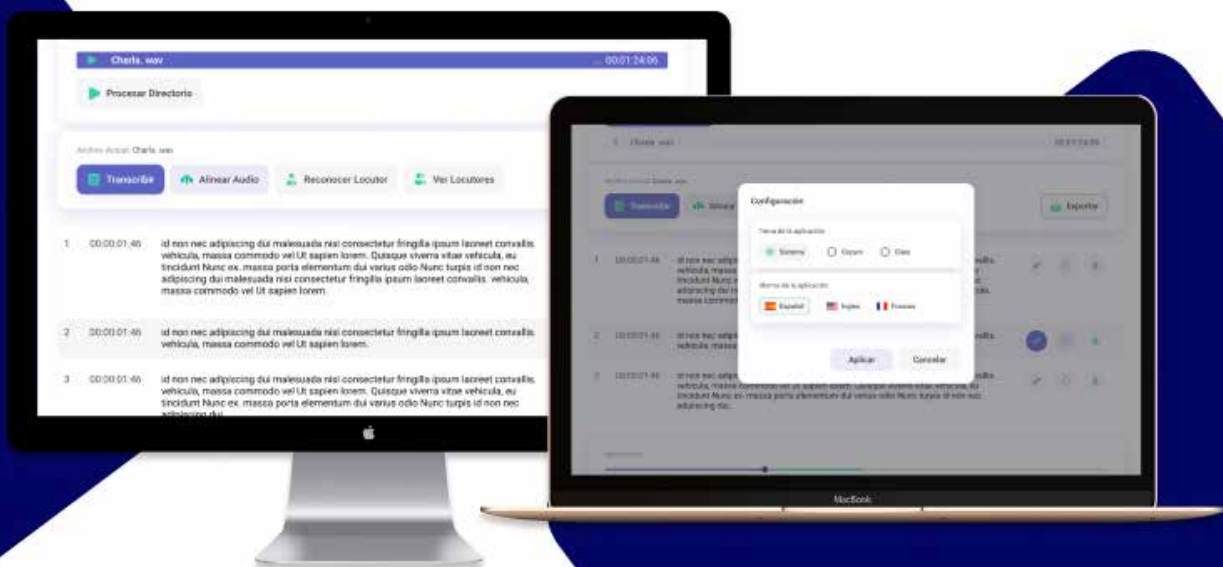
La humanidad ha intentado de disimiles formas dejar un registro de su paso por la Tierra. Ahí tenemos la pintura, la música, la escultura y la literatura. Detrás de esas manifestaciones artísticas, la transcripción de la palabra hablada ha sido una herramienta para garantizar la permanencia de lo dicho.

Es una tarea habitual en periodistas, estudiantes y personal de secretaría, entre otros; con el objetivo de tener la información de conferencias o reuniones lista para ser procesada en artículos, trabajos académicos o actas. De escuchar durante horas, el proceso se ha venido automatizando gracias a las nuevas herramientas tecnológicas.

Desde Cuba, la empresa Ingenius S.R.L. ha desarrollado su propio software de transcripción, una herramienta al alcance de organizaciones nacionales y un aporte importante hacia el objetivo de la soberanía tecnológica que persigue el país.

Un poco de historia

Para ver las primeras formas de transcripción tenemos que hacer un viaje bien atrás en el tiempo, concretamente al año 3400 a.n.e. En



La interfaz de Notus es amigable y sencilla de usar. (FOTO: CORTESÍA DE INGENIUS)

el Antiguo Egipto, los escribas creaban copias de las leyes e historias que venían de las clases gobernantes de la época. Fue habitual en civilizaciones antiguas esta clase social, dedicada a dejar constancia de los sucesos de su tiempo.

En 1439, con la invención de la imprenta, el papel del escriba se amplió. El dispositivo permitía una difusión masiva de contenidos en papel, y creció una demanda fundamentalmente de obras clásicas de la literatura. Los escribas entonces se encargaron de reproducir esos textos, lo que los llevó a especializarse en una nueva forma de transcripción: la taquigrafía.

El siglo XX trajo consigo la aparición del magnetófono. El dispositivo permitió capturar el sonido de forma física en cintas de audio, que facilitó la labor taquigráfica, aunque esta continuaba siendo un proceso manual y tedioso.

No fue hasta la década de 1980 cuando comenzaron a aparecer los primeros ordenadores y programas de tratamiento de texto. Estos sistemas, de baja precisión, se basaban en reglas fonéticas y gramaticales predefinidas para identificar el habla. Su vocabulario era muy limitado, y necesitaban de una vocalización lenta y clara por parte del locutor.

Los Modelos Ocultos de Markov, que llegaron desde el 2000, ya no dependían de esas reglas fijas, sino que podían aprender de grandes volúmenes de datos en audio y texto. Ello supuso un aumento considerable de la precisión, y permitió un vocabulario base más amplio dentro de las herramientas de procesamiento.

En 2010, con la aplicación de redes neuronales y aprendizaje profundo, los modelos podían

capturar patrones más complejos en el audio, con un mayor entendimiento del contexto, acentos, pausas y ruido ambiental, lo que llevó a un nivel de precisión (en condiciones ideales) del 95%.

En la actualidad, a partir de los avances de grandes modelos de lenguaje y tecnologías en la nube, los transcritores son capaces de comprender el contexto de la conversación, distinguir entre disímiles locutores y usar correctamente los signos de puntuación. Impulsadas por inteligencia artificial, las mejoras de sus capacidades son constantes, así como el surgimiento de nuevas soluciones para simplificar la tarea.

Para transcribir el español cubano

En nuestra labor periodística, actualmente usamos en la transcripción de entrevistas herramientas como Pinpoint, Turboscribe o chatbots de inteligencia artificial que incluyen esa función. Sin embargo, eso nos hace depender de una conexión estable a Internet.

La empresa cubana Ingenius S.R.L ha desarrollado una solución que elimina la necesidad de estar *online* para realizar labores de transcripción. Notus es un software desarrollado por su equipo, que funciona completamente fuera de la red, lo que garantiza una estabilidad constante en el servicio.

NOTUS
Transcriptor

La herramienta utiliza modelos de inteligencia artificial para transformar audio en texto, reconocer a los hablantes y exportar los documentos para su edición. Puede procesar archivos de audio y video en distintos formatos (.mp3, .wav, .mp4, .mkv, .ogg, entre otros) y guardar los documentos como subtítulos (.srt) o para ser tratados como archivo de Word (.doc) o PDF.

Notus se basa en el modelo Whisper, de código abierto, y que ha sido entrenado con 680 mil horas de datos de audio y transcripciones recopiladas de Internet. Ese conjunto de datos es la clave de su fortaleza. Además, el propio Whisper utiliza la arquitectura Transformer, lo cual le permite comprender patrones complejos de audio, homófonos, palabras con pronunciaciones similares o difíciles de entender.

Los desarrolladores del transcriptor cubano han hecho uso de tecnologías de IA ampliamente usadas en el procesamiento de audios como FFmpeg (gestión de archivos de video), pyannote.audio (para analizar audios), SpeechBrain (transcripciones de segmentos con distintos oradores), Flet (para la interfaz de usuario) y PyTorch, la base sobre la que todas esas herramientas se relacionan.

El empleo combinado de todas estas permite que Notus tenga un manejo eficiente del ruido y diferentes calidades de audio, una eficacia medida por palabra del 96,6 por ciento, tiempos reducidos de procesamiento y una eficiencia en el aprovechamiento de los recursos de hardware disponibles.

Ese porcentaje surgió de un estudio conjunto de Ingenius con el Departamento de Versiones Taquigráficas de la Presidencia de la República. “Ese estudio es significativo porque los requerimientos profesionales de ese lugar están por encima de la media”, dijo Rubén Sánchez Rivero, desarrollador en Ingenius.

“No hemos ejecutado otros estudios formales todavía, pero creemos que la rigurosidad de

esa evaluación es bastante reveladora. Cada vez que modificamos parámetros de los modelos hacemos pruebas exhaustivas con nuestros *benchmarks*¹ internos, y tenemos planificado ejecutar otras evaluaciones formales”, añadió.

En comparaciones con otras herramientas similares, Notus muestra resultados satisfactorios y ha significado, además, un aumento de la productividad y capacidades creativas y analíticas en las organizaciones que hacen uso del software. El impacto es notable en la generación de conocimiento, aceleración de investigaciones, así como en la soberanía y la seguridad de la información.

El desarrollador adelantó que en próximas versiones de la herramienta planean incorporar pequeños modelos de lenguaje para hacer postprocesamiento y mejorar los resultados, además de otras analíticas sobre el texto transcrito.

Dentro del empleo de herramientas de IA para la automatización de tareas, está el riesgo de que las mismas tengan sesgos o alucinen, en dependencia de la información que se haya usado en su entrenamiento. Cada forma de hablar el idioma español es distinta, y Cuba tiene unas particularidades muy marcadas.

“Usamos modelos del estado del arte que ya incluyen español cubano en su entrenamiento, pero no nos quedamos ahí. Ajustamos varios parámetros teniendo en cuenta las características de nuestra fonética, y trabajamos con técnicas para ampliar el contexto y que el modelo entienda mejor las particularidades del entorno. No es solo poner un modelo a funcionar, hay un trabajo de adaptación detrás”, comentó Sánchez Rivero.

El software tiene una interfaz sencilla y amigable de usar, donde el primer paso es cargar el archivo que se desea transcribir y comenzar el proceso. Aunque pensado para un contexto cubano, reconoce también frases en inglés y francés.

Incluye la función de reconocer distintos oradores con un botón

REQUISITOS DE INSTALACIÓN DE NOTUS



Windows 10
o superior.

8 GB de RAM
o más.

CPU de 4 núcleos
o más.

12 GB
de espacio libre
en disco.

*Contar con GPU NVIDIA (mínimo 6 GB VRAM y soporte CUDA) aumentaría el rendimiento de la herramienta considerablemente.

Video sobre Notus en el canal de Youtube de Ingenius:

<https://www.youtube.com/watch?v=Gve0I3RWjfl>

Rubén Sánchez Rivero,
desarrollador de Ingenius,
adelantó que en próximas
versiones de la herramienta
planean incorporar pequeños
modelos de lenguaje para
hacer postprocesamiento y
mejorar los resultados, además
de otras analíticas sobre
el texto transcrito.
(FOTO: CORTESÍA DEL
ENTREVISTADO)



dentro de la sencilla herramienta. El programa asignará etiquetas individuales a cada persona que hable, las cuales son revisables y editables por el usuario para una mejor organización del resultado final.

Estas herramientas de transcripción impulsadas por IA no son cien por ciento efectivas, por lo cual es recomendable y necesario la revisión. Para facilitarlos, los desarrolladores han incluido marcas de tiempo en el documento resultante, y un botón de *autoscroll* para verificar a medida que se reproduce el audio.

Lo que pasa en Notus...

Como comentamos anteriormente en este texto, la gran mayoría de herramientas de transcripción disponibles funcionan en un entorno *online* y operan bajo modelos de suscripción. Es decir, solo permiten un número limitado de audios a procesar por un periodo corto de tiempo.

Los factores económicos (financiamiento) y tecnológicos (acceso a la nube, plataformas restringidas para Cuba) son una limitante para que las instituciones del país puedan hacer uso de esas herramientas disponibles en la red, además de la entrega de información privada a esas plataformas extranjeras.

En ese contexto, Notus destaca por su funcionamiento completamente *offline*, lo cual garantiza privacidad y soberanía de los datos de organizaciones y personas. En su modelo de negocio, se le otorga al cliente una licencia con duración de un año, a un precio que ha demostrado ser justo y asequible.

La solución de Ingenius S.R.L. es una apuesta por la soberanía tecnológica, y la herramienta es adaptable a las necesidades específicas, tanto del país como de la institución que solicita el servicio. El pago es en CUP y la empresa atiende requerimientos particulares de cada cliente, a diferencia de las herramientas extranjeras estándares.

“Notus responde directamente a esa necesidad”, añadió Sánchez Rivero. “Al funcionar *offline*, los datos sensibles nunca salen del país ni pasan por servidores externos. Las instituciones cubanas tienen control total sobre la tecnología que usan. Es exactamente lo que significa soberanía tecnológica en la práctica”.

Como perspectivas a futuro de los desarrolladores de esta herramienta, se encuentran una mejora en los resultados, a partir de la incorporación de pequeños modelos de lenguaje para el postprocesamiento, y también en UX/UI (experiencia e interfaz de usuario, dos aspectos esenciales en el diseño digital).

Bien es sabido que las herramientas impulsadas por inteligencia artificial reciben



Las transcripciones son editables dentro de la misma herramienta. (FOTO: CAPTURA DE PANTALLA DE VIDEO PROMOCIONAL)

nuevas funciones a menudo, a partir de ajustes realizados por sus creadores. Aunque Ingenius S.R.L. todavía tiene pendiente realizar algunos estudios de efectividad, ya piensan en futuras versiones de Notus.

Dentro de las funcionalidades nuevas que podrían llegar a Notus en próximas versiones se encuentran el reconocimiento de locutores a partir de bases de datos guardadas, y la generación de resúmenes automáticos, entre otras. “El objetivo es convertir a Notus en una suite completa que ayude a humanizar el trabajo, y hacerlo con tecnología de punta desde soluciones propias”, sentenció Sánchez Rivero.

Sobre la posibilidad de realizar versiones para contextos con un vocabulario técnico propio (por ejemplo, en el sector de la salud), el desarrollador de Ingenius comentó que “es una posibilidad que tenemos en mente, pero nuestra estrategia ahora es primero hacer que el producto sea lo mejor posible desde lo genérico. De esa forma llegamos a la mayor cantidad de usuarios posibles y consolidamos una base sólida. Después de eso podemos pensar en versiones especializadas para sectores específicos”.

Notus llega en un momento donde las tecnologías principales de inteligencia artificial se concentran en unas pocas empresas, Cuba no tiene acceso a funciones de pago y el debate de protección de datos en sistemas de IA sigue vigente. La solución de Ingenius S.R.L. elimina buena parte de esas restricciones de acceso y su uso es validado por varias instituciones del país necesitadas de dejar registro de su accionar. **JT**

1. Conjunto de pruebas y métricas propias diseñadas para evaluar el rendimiento de software frente a estándares internos o versiones previas

Jabón líquido para lavadoras

Con pastillas de jabón puedes hacer un detergente líquido versátil y efectivo, que puedes usar en todo tipo de prendas de ropa

VERSIÓN: AMANDA JARA

TOMADO DE: HACERJABONES.ES

Ingredientes

3 pastillas de jabón
(aproximadamente 300 g),
sin glicerina



3 litros de agua



150 g de carbonato
de sodio



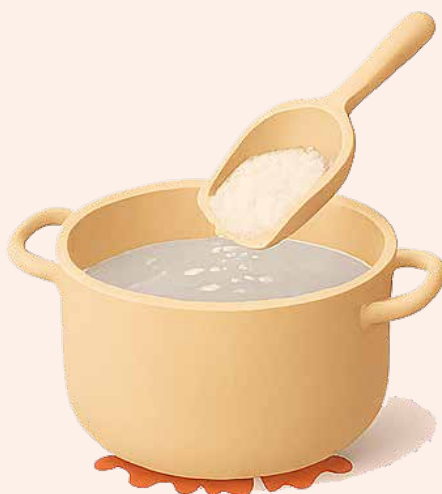
Esencia aromática
(opcional)

Instrucciones

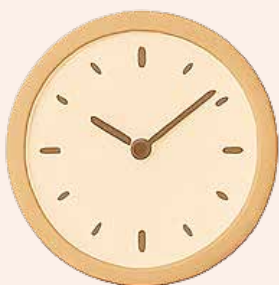


- 1** Ralla las pastillas de jabón hasta obtener virutas finas.

- 2** Calienta el agua en una olla grande y añade las virutas de jabón, removiendo hasta que se disuelvan.



- 3** Añade el carbonato de sodio y mezcla bien.



- 4** Deja reposar la mezcla durante 24 horas.

- 5** Agrega la esencia aromática si lo deseas, y mezcla nuevamente.



- 6** Envasa el detergente en botellas reutilizables.

Este jabón es perfecto para lavar cargas grandes de ropa.



Usa 1 taza por cada lavado.

CRUCIGRAMA DE INVIERNO

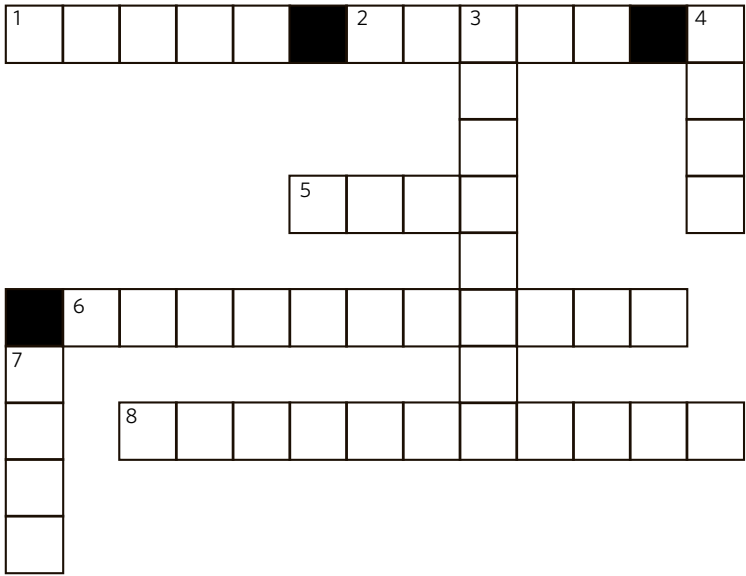
A CARGO DE AMANDA JARA

Horizontales

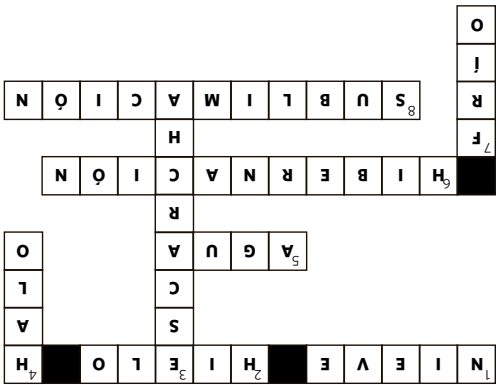
- 1. Precipitación atmosférica en forma de cristales de hielo.
- 2. Agua en estado sólido.
- 5. Molécula esencial que cambia de estado en el ciclo del invierno.
- 6. Adaptación biológica de algunos animales para sobrevivir al frío extremo.
- 8. Proceso físico en el que una sustancia pasa directamente del estado sólido al estado gaseoso, sin pasar por el estado líquido.

Verticales

- 3. Depósitos de cristales de hielo que se forman directamente sobre superficies frías cuando el vapor de agua del aire se condensa y se congela al entrar en contacto con ellas, sin pasar por el estado líquido.
- 4. Fenómeno óptico producido por la refracción de la luz en cristales de hielo en la atmósfera.
- 7. Condición física y ambiental caracterizada por temperaturas bajas.



RESPUESTA



HUMORMUTANTE



EN NUESTRO PRÓXIMO NÚMERO
Número Especial JT + (Soluciones prácticas)



HYDRA

BASES

Las obras deberán ser inéditas, no pueden estar comprometidas con ninguna casa editorial ni haber sido enviadas a otro concurso.

El premio está abierto a personas de cualquier nacionalidad y lugar de residencia. Se presentarán en formato digital, firmadas con seudónimo, con una extensión entre 160 y 240 cuartillas, en formato A4, letra Arial a 12 puntos, interlineado doble y márgenes de 2,54 cm.

En documento aparte o plica se consignarán los datos personales del autor (nombre y apellidos, número de identidad, dirección de residencia actual, email y teléfonos).

Se otorgará un premio único consistente en 5 mil pesos CUP, más la publicación de la obra en la colección Nébula (en formato impreso o ebook), de la Casa Editora Abril y el pago de los correspondientes derechos de autor. Al concursar los autores aceptan que la obra premiada sea publicada por primera vez con la Casa Editora Abril.

Dirija su texto a la dirección electrónica: juventud.web@gmail.com antes del 31 de diciembre de 2026.

CIENCIA FICCIÓN

2026

Los cuentos serán inéditos y se presentarán firmados con seudónimo en formato digital. El concurso solo está abierto a autores residentes en el archipiélago cubano. En documento aparte: nombre del autor, número de carné de identidad, dirección y teléfono o correo electrónico.

Extensión máxima: 3 cuartillas mecanografiadas o tecleadas en word, en página A4, con letra Times New Roman a 12 puntos, e interlineado sencillo.

El premio conlleva que los autores de los cuentos ganadores acepten que sus textos sean incluidos en la compilación que cada 10 años preparan Juventud Técnica y la Casa Editora Abril.

El incumplimiento de las bases descalifica la obra. El ganador del primer premio NO podrá presentarse a la siguiente convocatoria.

Dirija su texto a juventud.web@gmail.com con copia a jtecnica@editoraabril.co.cu

PREMIOS:
PRIMERO \$ 3000.00 CUP
SEGUNDO \$ 2000.00 CUP
TERCERO \$ 1000.00 CUP
Además, publicación de la obra en JT y diploma

CONCURSO
vence 31 de diciembre





cómo HA cer una ve la ca se ra

Materiales

- Cera de soya, parafina o cera de abeja (unos 250 g)
- Mecha para vela (puede ser de algodón o madera)
- Recipiente resistente al calor (vaso de vidrio, lata, cerámica)
- Palillo o sujetador para mantener la mecha centrada
- Olla pequeña para baño María
- Aceite esencial (opcional, para aroma)
- Colorante para velas (opcional)
- Tijeras

Procedimiento

1. Coloca la mecha en el centro del recipiente y sujétala con un palillo atravesado en la parte superior para que quede recta.
2. En una olla a baño María, derrita la cera a fuego medio. Remueva suavemente hasta que esté completamente líquida.
3. Retira del fuego y añade unas gotas de aceite esencial y colorante si deseas. Mezcla bien.
4. Vierta la cera caliente en el recipiente, asegurándote de que la mecha quede centrada.
5. Deja que la vela se enfríe y solidifique por completo.
6. Corta la mecha dejando unos 0,5 cm de largo.

