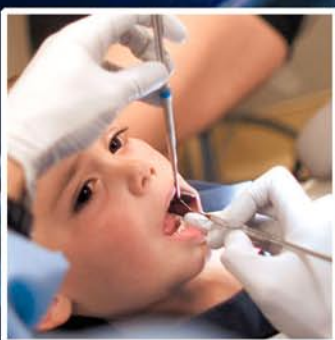


Q Tecnología & Desarrollo

**La nanotecnología
como herramienta para promover
el desarrollo del Perú**



**Microscopía electrónica
del esmalte dental
humano**



Tecnología & Desarrollo
Revista de Ciencia y Tecnología

“Ciencia y tecnología para la competitividad”
Vol. 3 No. 1-3 ene-dic 2007

Comité Editor

Presidente
Edgar Medina Flores

Miembros

Mario Mallaupoma Gutiérrez
Antonio Prado Cuba
Juan Rodríguez Rodríguez
Marco Espinoza Zevallos
Carlos Sebastián Calvo

Diseño Gráfico

Oficina de Relaciones Públicas - IPEN

Instituto Peruano de Energía Nuclear

Av. Canadá 1470, Lima 41, Perú
Telf. 2260038, 2260030 anexo 130

E-mail: postmaster@ipen.gob.pe
Homepage: www.ipen.gob.pe

Los contenidos de los artículos firmados son de exclusiva responsabilidad de sus autores. Se autoriza a reproducir el material de esta edición citando como fuente la revista Tecnología & Desarrollo.

Indice

Editorial

Biotecnología

La biología molecular para mejorar la productividad de la alpaca

Materiales

Estudio por microscopía electrónica del esmalte dental humano

Nanotecnología

La nanotecnología como herramienta para promover el desarrollo del Perú

Agricultura

Nuevas variedades mejoradas de cebada para la región alto andina

Salud

Nuevos biomateriales para la medicina. El Quitosano

Empresa

Bases para el desarrollo de la cadena productiva de la alpaca peruana.



Editorial

Presentamos una nueva edición de la revista “Tecnología y Desarrollo”, la primera en su versión electrónica, manteniendo el mismo formato y estructura de las anteriores publicaciones, y con el mismo espíritu que tuvo desde su creación: el deseo de divulgar el aporte de las tecnologías en general, y la nuclear en particular en las diversas investigaciones científicas, que se desarrollan en nuestro país y el extranjero.

Hemos considerado que la versión electrónica permitirá mantener los tiempos de publicación con la periodicidad adecuada; así como, utilizar las facilidades de recursos interactivos, color, movimiento y establecer sistema de bases de datos.

Esperamos seguir contribuyendo con el esfuerzo colectivo de lograr un Perú internacionalmente competitivo, por lo que mantenemos el lema “ciencia y tecnología para la competitividad”, reafirmando nuestro compromiso con el país.

Los temas que se publican mantienen su carácter multidisciplinario en los contenidos, pero a la vez permiten identificar áreas de interés como es el caso de las ciencias de los materiales. En esta edición se incluyen artículos sobre la importancia de desarrollar la nanotecnología en nuestro país y el estudio por microscopía electrónica del esmalte dental humano. Buscando un valor agregado y de beneficio para los sectores deprimidos económicamente, se presentan artículos sobre el desarrollo de la cadena productiva de la alpaca peruana y la mejora de su productividad a través de la biotecnología. También acogemos un trabajo sobre la obtención de variedades mejoradas de cebada en la región Alto Andina. Finalmente, consideramos oportuno la publicación del trabajo que viene desarrollando el Instituto Peruano de Energía Nuclear sobre productos biomateriales basado en el quitosano, para su empleo en medicina.

Confiamos en que este nuevo formato de la revista seguirá mejorando, considerando sus comentarios y las contribuciones técnicas de nuestros lectores.



La biotecnología molecular para mejorar la productividad en alpacas

Juan Agapito - Instituto Peruano de Energía Nuclear
Jorge Rodríguez - Unidad de Biotecnología Molecular Universidad Peruana Cayetano Heredia

La alpaca (*Lama pacos*) representa un recurso de importancia económica, social y cultural para un vasto sector de la población altoandina. El Perú cuenta con la mayor población de alpacas a nivel mundial, llegando a cifras superiores a los 3 millones de ejemplares; de los cuales, el 80 por ciento son propiedad de comunidades campesinas y de pequeños productores. La población asociada a su crianza a nivel nacional se calcula en más de 120 000 criadores.

El Perú es el principal productor de fibra de alpaca cuya producción alcanza las 3400 toneladas anuales, representando el 80 por ciento de la producción mundial, de este volumen el 90 por ciento está orientado hacia el mercado internacional. Adicionalmente, hay interés por parte de los mercados internacionales por la crianza de alpacas, lo cual ha ocasionado la apertura del mercado de exportación. Sin embargo,

lo que al inicio constituyó un interés puramente recreativo se ha convertido en una actividad económica importante para algunos países como los Estados Unidos de Norte América, Australia y Nueva Zelanda. El surgimiento de una crianza tecnificada en otros países constituye un gran desafío para los criadores peruanos que enfrentarán una fuerte competencia en la producción de fibra fina.

Lamentablemente, en los últimos años, en nuestro país se percibe una tendencia hacia el incremento del diámetro de la fibra de alpaca. Se estima que sólo el 40 por ciento de las alpacas peruanas poseen fibras finas. Situación que ocasiona una disminución en el valor comercial de estas especies, siendo necesario tomar medidas para impulsar el desarrollo de la crianza de alpacas de fibra fina sobre bases técnico-científicas.

En esa dirección, el estudio del ADN abre nuevos campos de investigación y desarrollo en las ciencias agropecuarias y veterinarias. En la década pasada, técnicas basadas en el análisis de ADN mediante reacción en cadena de la polimerasa (PCR) han sido desarrolladas para la identificación, determinación de parentesco, determinación del sexo, trazabilidad, variabilidad genética, detección de enfermedades y análisis de productividad en animales domésticos.

Los programas actuales de mejoramiento genético en alpacas se basan sólo en análisis de fenotipo, demostrando ciertas deficiencias en la consecución de resultados debido principalmente a la ausencia de registros confiables y a la lentitud de los sistemas de mejoramiento genético y reproducción. Las técnicas de selección asistida por marcadores conjuntamente con un sistema de registro confiable podrían constituirse en herramientas que permitan acelerar los resultados esperados en los programas de mejoramiento. En este entorno, el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN) en colaboración con la Unidad de Biotecnología Molecular (UBM) de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, El Instituto Peruano de Alpaca y Camélidos (IPAC), la Sociedad Peruana de Alpacas y Llamas (SPAR) y los productores de alpacas de las Regiones de Puno, Junín, Arequipa y Huancavelica se encuentran desarrollando el proyecto "Técnicas moleculares para

mejorar la producción y reproducción de alpacas (Lama pacos)". En la actualidad, este proyecto ha posibilitado generar una técnica para la determinación de parentesco e identificación en alpacas mediante herramientas moleculares, lo cual permitirá garantizar y validar los registros genealógicos y productivos en los sistemas de producción alpaquera. Además, el IPEN cuenta con un laboratorio generado gracias al financiamiento de un Proyecto de Cooperación Técnica con la Agencia Internacional de Energía Atómica (PER/5/027) y destinado a la aplicación de técnicas moleculares para la mejora de la productividad de la alpaca.

Actualmente, el IPEN conjuntamente con la UBM de la Universidad Peruana Cayetano Heredia se encuentran ejecutando un proyecto denominado "Genómica de Alpacas: Identificación de Genes Expresados y Marcadores Genéticos Asociados a la Productividad de Fibra Fina en Alpacas" el cual busca generar marcadores moleculares asociados a la producción de fibra fina de alpaca. Ambas instituciones, constituyen una alternativa de investigación seria para la mejora de la productividad, calidad y desarrollo del sector alpaquero en el Perú. Finalmente, es necesario desarrollar un trabajo multidisciplinario entre las entidades científicas, tecnológicas, gestoras y productivas que permitan el desarrollo rentable y competitivo de la ganadería de la alpaca en nuestro país.



Estudio por microscopía electrónica del esmalte dental humano

José Reyes Gasga - Instituto de Física, UNAM, Apartado Postal. 20-364 01000 México D. F.
Email: jreyes@fisica.unam.mx

En este artículo se describe el trabajo realizado en el Instituto de Física de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) sobre la estructura del esmalte dental humano desde el año 1992. El objetivo que se ha perseguido desde un principio es el estudio y caracterización del defecto llamado "línea oscura" el cual se presenta en el centro de los cristales de hidroxiapatita que conforman los prismas del esmalte dental.

La dureza del diente

Se considera que el esmalte dental humano es el componente más duro del cuerpo humano, pero ¿qué tan duro es?. Nuestros resultados muestran que la dureza tanto de la dentina como del esmalte dental depende de la zona del diente (Figura 1). La dureza del esmalte es de 320 Vickers en promedio mientras que en la dentina es de 48 Vickers.

Estructura y composición química del esmalte

La parte inorgánica de la pieza dental se conforma principalmente de un fosfato cálcico llamado hidroxiapatita ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$); sin embargo, los estudios han mostrado que no se trata de una hidroxiapatita pura sino que se encuentra con impureza de sodio, magnesio y cloro, principalmente. Cuando se realiza el análisis químico del diente por medio de la detección de los rayos x característicos generados cuando el haz incide sobre la muestra bajo análisis, se obtienen los picos característicos del calcio, fósforo, oxígeno, sodio, magnesio y cloro (Figura 2). Los resultados mostraron la distribución de estos elementos en la pieza dental. Al esmalte hay que quitarle unas cuantas micras de su superficie y atacarlo químicamente con ácido ortofosfórico para que nos revele y nos permita estudiar su estructura.

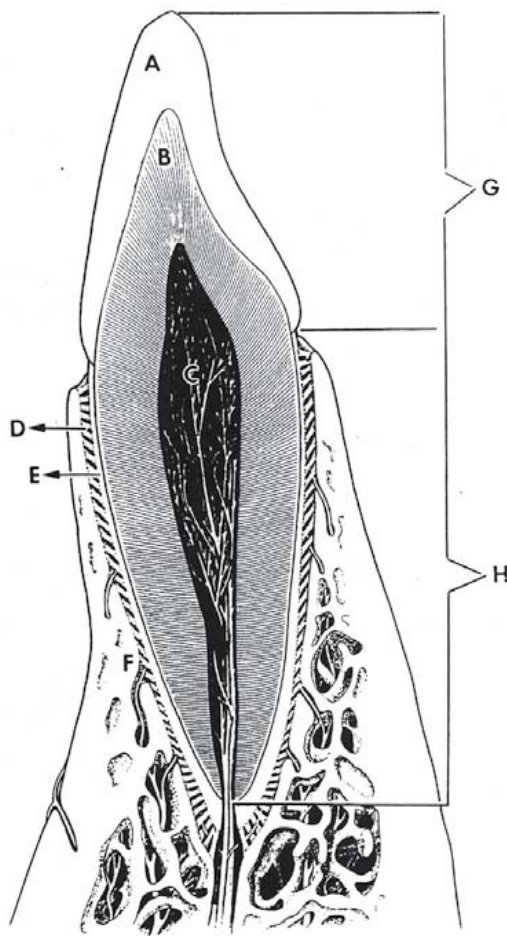


Figura 1. Elementos que conforman el diente humano. A) Esmalte, B) Dentina, C) Pulpa, D) Cemento, E) Ligamento Periodontal, H) Raíz anatómica, G) Corona anatómica.

De esta manera podremos ver que está compuesto de pequeños motivos en forma de cerradura compactados en un arreglo hexagonal (figura 3). Si partiéramos el diente de tal manera que se observe al mismo tiempo la dentina y el esmalte, veríamos que estos motivos corresponden a unas "líneas" que corren de la unión amelontinaria hacia la superficie (figura 3a) y se les conoce con el nombre de "prismas". Estos tienen dimensiones de micras (10-6m).

La microscopía electrónica de barrido (MEB) nos ha permitido estudiar en detalle la superficie y la estructura del esmalte dental. La figura 4 nos muestra el arreglo de los prismas que conforman el esmalte tanto en sección transversal (tal y como se observan en la superficie del esmalte) como en sección longitudinal (de la superficie a la unión ameloden-

tinaria). Si observamos uno de estos prismas a mayor amplificación podremos ver que se componen de millones de cristalitas a escala nanométrica (figuras 4b, 4c). Estos son los cristalitas de hidroxiapatita y están unidos lo más junto posible, pero siempre rodeado de material orgánico. Por lo tanto podemos decir que el esmalte dental esta formado por cristales de hidroxiapatita dentro de una matriz orgánica, por lo cual lo podemos clasificar como un material compósito.

Un material compósito es aquel en que dos o más materiales, con diferentes propiedades mecánicas, se unen para formar parte de una estructura con propiedades mecánicas mejoradas. También depende de la zona que se analice. Un ejemplo clásico de este tipo de material es el cemento y la varilla que se unen para formar las vigas y columnas de un edificio: la varilla y el cemento no tienen las propiedades adecuadas por sí solos, se requiere de ambos.

Para estudiar los cristales que conforman ahora al prisma y debido a su dimensión a escala nanométrica, es necesario usar el microscopio electrónico de transmisión (MET). Observar el esmalte dental con un MET requiere aplicar un método de preparación de muestras que permita obtener una muestra del esmalte con espesores de unos cuantos nanómetros, no pudiendo rebasar los 100 nm, lo que implica un método laborioso pero no difícil. Hay dos modos de preparación. Uno es hacer polvo el esmalte y otro es devastar el esmalte hasta obtener las dimensiones requeridas. El primero es el mas fácil y se usa un esmeril (o la pieza de mano) para obtener el polvo del esmalte. Este polvo se deposita sobre una rejilla de cobre de 3mm de diámetro la cual se recubrió previamente con una película de plástico "colodión" y una película delgada de carbón. El segundo método es un poco más laborioso e implica técnicas usadas en metalografía, como son los desgastes con papel lija, paños y el pulido a espejo con alúmina. El pulido final se obtiene erosionando atómicamente por medio de un haz iónico (conocido como pulidor "ion milling" por su nombre en inglés).

El tipo de estudio que se quiera hacer, marca la diferencia para el método de preparación de una muestra. Por ejemplo, el método de polvo permite hacer el estudio estructural y químico de cristales individuales. Por otro lado, el método de devastación permite además el estudio de la interfase entre los cristales e interacciones entre éstos. Nosotros

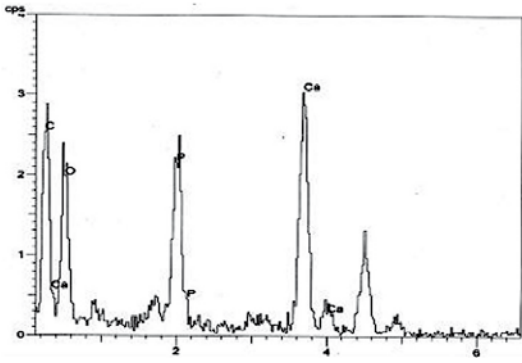


Figura 2. Análisis Químico del esmalte dental humano mediante espectroscopía por dispersión de energía (EDS) de los rayos característicos generados por los electrones al incidir sobre la muestra en un microscopio electrónico de barrido.

Los cristales de hidroxiapatita que conforman los prismas del esmalte dental han sido observados por MET (figura 6). Un acercamiento al arreglo que presentan los cristalitas de hidroxiapatita se presenta en la figura 7. Nótese en este caso el arreglo compacto que presentan los cristales.

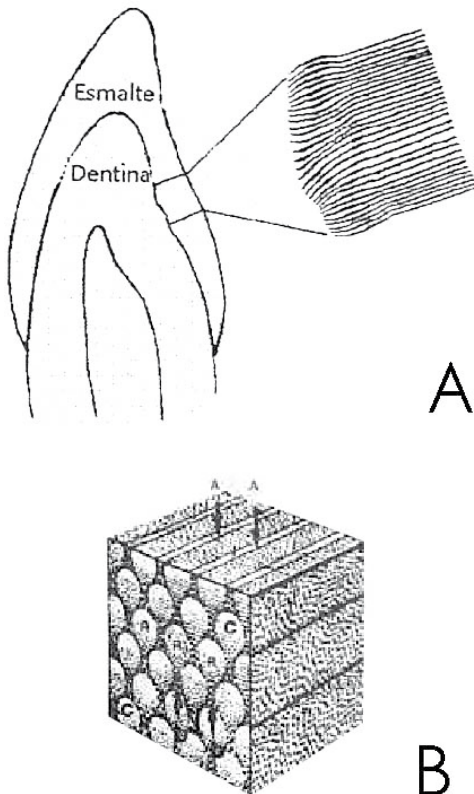


Figura 4. Imagen de MEB del esmalte dental humano donde se observan los prismas que lo componen. A) superficie del esmalte, B) Imagen en sección transversal, C) Imagen en sección longitudinal. Compárense estas imágenes con los esquemas de la figura 3.

hemos empleado ambos métodos de preparación de muestras en el estudio del esmalte dental por MET. En el caso del método por devastación, los resultados han sido muy interesantes, habiéndose observado los cristales de hidroxiapatita de tamaño nanométrico que conforman al prisma (1 nanómetro es igual a 10^{-9} m).

En la figura 5 se presenta un esquema donde se observa tanto a estos cristales como la forma de cerradura del prisma que conforman. Los cristalitas de hidroxiapatita tienen una forma alargada en forma de ladrillos. De hecho, debido a este alargamiento que presentan, se dice que éstos forman una estructura tipo texturizada.

Figura 3. A) Dibujo esquemático del arreglo prismático que presenta el esmalte dental. Estos prismas van de la unión amelodentinaria hacia la superficie del esmalte. B) Representación gráfica de los prismas del esmalte donde se incluyen los cristales de hidroxiapatita. Nótese aquí la forma de "cerradura" que presentan los prismas.

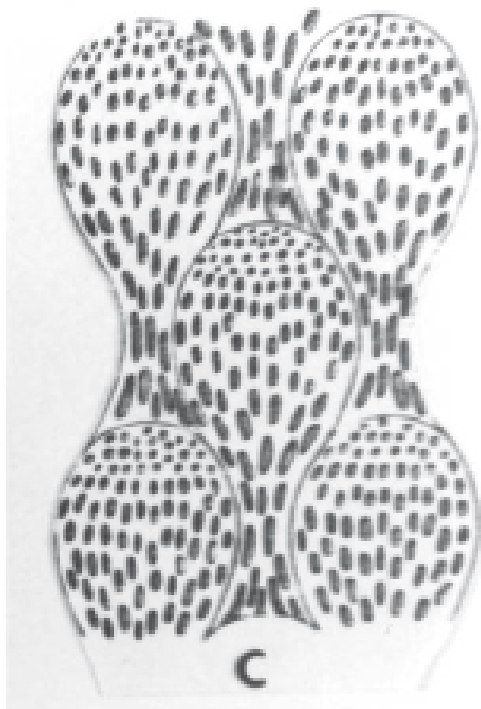


Figura 5. Representación esquemática de los primas del esmalte dental donde se muestra los cristales que conforman al prisma. Nótese la forma de cerradura que tiene el prisma. Comparece la imagen de esta figura con las imágenes de las figuras 4 y 8.

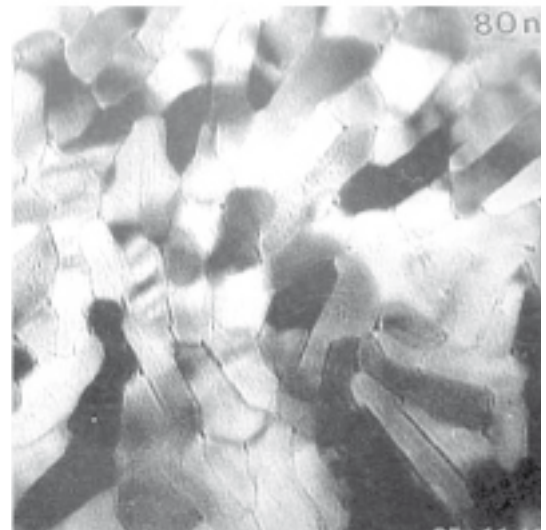


Figura 6. Imagen de MET de los cristales de hidroxiapatita que conforman el prisma del esmalte dental. Nótese el tamaño que presentan estos cristales y lo compacto de su arreglo. En este caso, estos cristales se encuentran en la cabeza de los prismas.

Hidroxiapatita del esmalte dental

La celda unitaria es el arreglo mínimo donde los átomos correspondientes dan lugar al material que se trate. Es el “ladrillo” con el cual se forma la hidroxiapatita y pertenece a uno de los trece arreglos, o tipos de “ladrillos”, de Bravais.

Este “ladrillo” se presenta en la figura 7. Por lo tanto, la hidroxiapatita ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) presenta una celda unitaria hexagonal con un eje helicoidal a lo largo del eje hidroxilo (figura 7). En forma natural, la hidroxiapatita también puede presentarse con celda unitaria monoclinica. Sin embargo, los estudios de microscopía electrónica de transmisión, al igual que los de difracción de rayos x, demuestran que el esmalte dental presenta una celda unitaria hexagonal. Esto también lo confirma de forma contundente la difracción electrónica de área selecta. El patrón de difracción electrónico es la “huella digital” del arreglo atómico que presenta el material bajo estudio. El es centro-simétrico y pertenece a uno de los 32 grupos puntuales cristalográ-

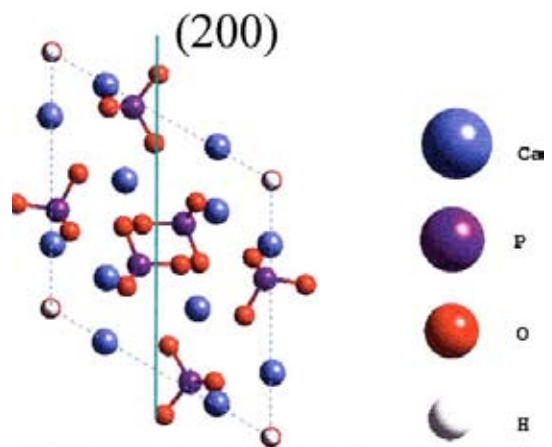


Figura 7. Celda unitaria de la hidroxiapatita y el arreglo atómico que presentan los átomos de Ca, P, O, e H dentro de ella.

ficos. Al conocer tres de estos patrones que no sean colineales (los cuales se obtienen al inclinar la muestra in-situ en el MET), se logra definir la celda de Bravais a la que pertenece. Este modo de operación del microscopio electrónico permite seleccionar uno de los cristales que se muestran en la figura y obtener su patrón de difracción. La figura 8 presenta 3 de estos patrones de difracción en el caso del esmalte dental humano.

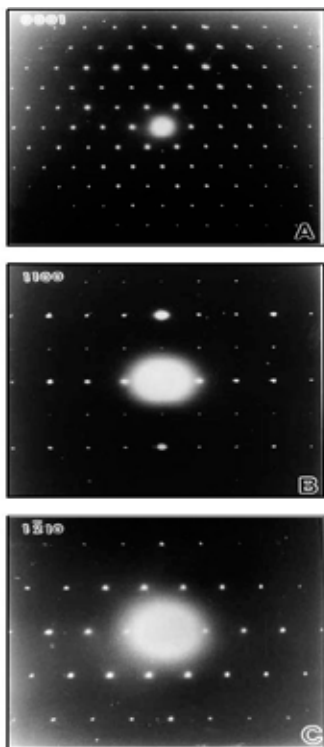


Figura 8. Patrones de difracción de área selecta del esmalte dental humano. Estos indican que la celda unitaria que presenta el arreglo atómico del esmalte es hexagonal. Los números que se indican se conocen como "índices de Miller", los cuales en cristalografía son usados para definir la dirección y los planos de una estructura cristalina. En el caso de la celda hexagonal éstos son cuatro, pero en un cubo sólo son tres. A) Base del prisma hexagonal, B) Una de las caras laterales, C) Una dirección entre (A) y (B).

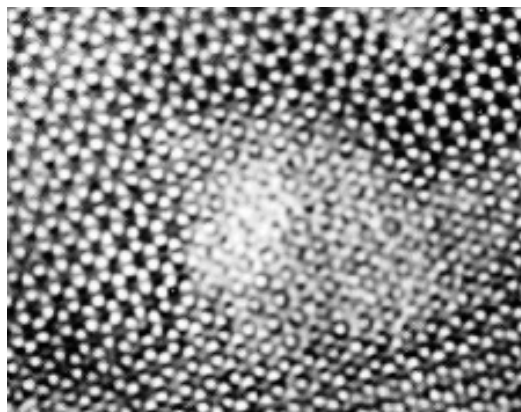


Figura 8. Patrones de difracción de área selecta del esmalte dental humano. Estos indican que la celda unitaria que presenta el arreglo atómico del esmalte es hexagonal. Los números que se indican se conocen como "índices de Miller", los cuales en cristalografía son usados para definir la dirección y los planos de una estructura cristalina. En el caso de la celda hexagonal éstos son cuatro, pero en un cubo sólo son tres. A) Base del prisma hexagonal, B) Una de las caras laterales, C) Una dirección entre (A) y (B).

Imágenes a nivel atómico del esmalte dental

La figura 9 muestra la imagen de MET de alta resolución (METAR) del esmalte dental en la dirección presentada por el patrón de difracción mostrado en la figura 8a. Como se puede observar en la figura 9, el arreglo que muestra el contraste de esta imagen es hexagonal y se interpreta sobre la base del arreglo atómico mostrado en la figura 7. El problema que representa el hecho de que el esmalte dental humano no es conductor es el proceso de daño electrónico que se aprecia en esta figura como "parches". Cuando una muestra no conductora es observada por microscopía electrónica, debido a que los elec-

trones incidentes no son conducidos a "tierra", los electrones "atrapados" en la muestra comienzan a destruirla. Esto representa una limitante en el tiempo de observación de la muestra ya que después de un rato la muestra comienza a destruirse y estos "parches" cubren la totalidad del área de observación.

Ahora veamos con más detenimiento las imágenes de MET del esmalte dental humano. En la figura 10 podemos observar que los cristales de la hidroxiapatita presentan un "defecto" en el centro (indicado por las flechas). De hecho, la presencia de este defecto también se observa en las imágenes de METAR del esmalte.

El estudio de este defecto es muy importante ya que cuando el esmalte se somete a un proceso de disolución por medios ácidos, como en el caso del proceso carioso, éste se comienza a disolver principalmente en el centro del cristal; es decir, exactamente en el lugar donde se encuentra este "defecto", al cual se le ha dado el nombre de "la línea oscura".

La línea oscura

El estudio tanto de la estructura y composición química de la hidroxiapatita del esmalte dental así como la cristalografía que ésta representa son necesarios para caracterizar y entender completamente el papel que juega la línea oscura en la estructura del esmalte. Los equipos modernos de MET y METAR, el estudio estructural y químico de la "línea oscura" son temas nada fáciles de llevar a cabo. Hay que tomar en cuenta que la línea oscura representa un defecto que tiene un espesor entre 1 a 2 nm, complicando en demasía este asunto, su contraste es fuertemente dependiente del foco del microscopio: cuando la imagen del cristal del esmalte dental esta sobre-enfocado la línea aparece oscura (de ahí su nombre), cuando está desenfocada aparece blanca, y en foco exacto desaparece.

Existen varias hipótesis sobre la estructura y composición química de la línea oscura y sobre el papel que juega en la estructura del esmalte dental humano. Se ha comentado que ésta puede ser producto de una descalcificación, una dislocación, una frontera de grano, etc. Sin embargo, hasta el momento, ninguna de ellas ha sido completamente comprobada.

Recientemente surgió la idea que la línea oscura es el residuo de un material diferente a la hidroxiapatita que se originó durante la amelogénesis (de aquí que se disuelva primero durante un ataque ácido). Así, la lí-

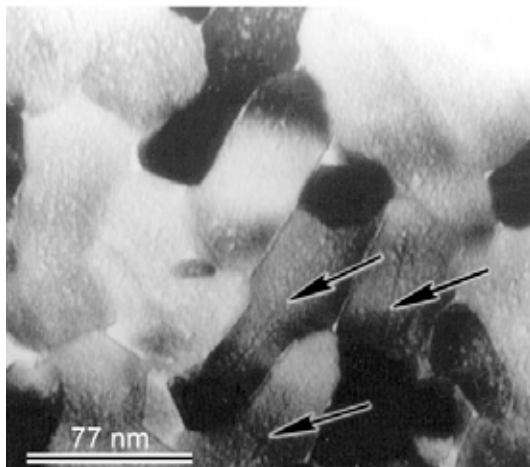


Figura 10. Imagen de MET de los cristales del esmalte dental humano mostrando la presencia de la línea oscura en centro (flechas).



Figura 11. Análisis de la interfase entre el fosfato octacalcico y la hidroxiapatita. El recuadro representa la imagen simulada a partir del modelo y cuyo contraste concuerda con la imagen experimental. Los recuadros A y B presentan los patrones de difracción de la hidroxiapatita (A) y del fosfato octacalcico (B). Si se observa esta imagen de forma razante a lo largo de la flecha doble, se define una dislocación claramente.

nea oscura se presenta como resultado de la existencia de otro material que se produjo antes que el cristal de hidroxiapatita y que funcionó como templete para que el cristal de hidroxiapatita se nucleara y creciera para dar origen al esmalte. Este material previo se supone que es otro fosfato cálcico, llamado fosfato octacalcico. Nuestro grupo decidió por lo tanto trabajar también en esta dirección. Tomando en cuenta que los parámetros de la celda unitaria del fosfato octacalcico son $a = 1.98$ nm, $b = 0.96$ nm, y $c = 0.68$ nm con una celda de Bravais triclinico y grupo espacial P1, se ve inmediatamente la forma de relacionar ambas celdas unitarias. De este modo, generamos un modelo de la línea oscura a partir de la celda unitaria de la hidroxiapatita y de la celda del fosfato octacalcico.

Una vez que se cuenta con un modelo del material bajo estudio, es relativamente fácil simular el contraste que éste debe de presentar en un METAR.

Uno de los resultados interesantes que nos muestra este modelo, y como resultado de las diferencias dimensionales de entre las celdas unitarias de la hidroxiapatita y del fosfato octacalcico, es la predicción de dis-

locaciones alrededor de la zona de la línea oscura.

Por lo tanto nos dimos a la tarea de inspeccionar con cuidado esta zona, dando como resultado la figura 11.

La figura 11 muestra la comparación entre la imagen de METAR experimental y la imagen simulada (en el recuadro). En este caso el contraste del recuadro y de la imagen experimental concuerda bastante bien. Si se observa esta figura en forma razante en la dirección mostrada por la flecha doble, se observa claramente el contraste de una dislocación.

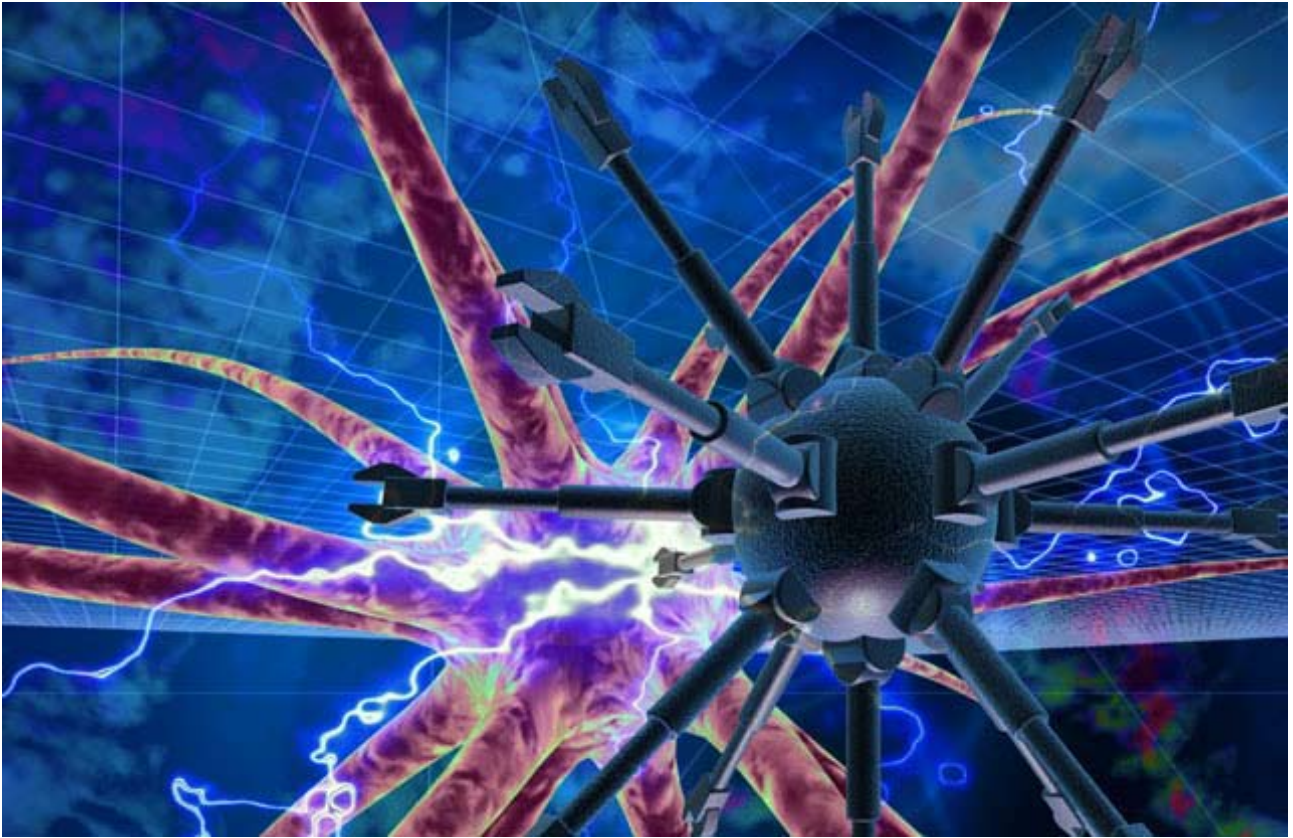
Estos resultados son muy prometedores, pero aun faltan varias pruebas que este modelo debe pasar antes de llegar a conclusiones definitivas. Y en eso estamos trabajando. Todo resultado adicional en esta dirección será importante para establecer o anular la validez de este modelo.

Agradecimientos

Agradezco al Dr. Ramiro García García por los comentarios y discusión durante la elaboración de este trabajo y por haber colaborado conmigo en la preparación de varios trabajos escritos sobre este tema. Agradezco también a Pedro Mexía, Roberto Hernández, Carlos Flores, Luis Rendón, Samuel Tehuacanero, Cristina Zorrilla, Jaqueline Cañetas, Manuel Aguilar, y Carlos Angeles por el apoyo técnico que recibimos durante la elaboración de este trabajo. Agradezco a mis estudiantes Elson Sánchez Pastenes y Marisol Reyes Reyes por el análisis que realizamos de este tema en sus tesis profesionales; de igual manera quiero agradecer a mis estudiantes de la Facultad de Odontología de la UNAM por la labor que han realizado durante la elaboración y desarrollo de este proyecto, entre ellos quiero mencionar a Claudia Minerva Rodríguez Alcántara, Ana María Trejo González, Alfredo Madrigal, María del Jesús Gloria, Laura Vargas Ulloa, Irma Belio Reyes, Ivett Gil Chavarria, Ana Guadalupe Rodríguez Hernández, Carlos Eduardo Zamora Montes de Oca, Irma Araceli Belio Reyes, América Ayuso Arce. Ellos han trabajado en este tema durante la elaboración de sus tesis profesionales, que todavía queda mucho por estudiar, analizar y descubrir. Este trabajo fue apoyado económicamente por la DGAPA-UNAM con el proyecto IN-104902.

Referencias

1. Reyes-Gasga, J., Gloria, M.J., González, A.M., Madrigal, A. "La microscopía electrónica y el esmalte dental humano". Revista Ciencia y Desarrollo del CONACYT. Volumen XXI, No. 125, Noviembre/Diciembre 1995, pp. 30.
2. M. J. Gloria Hernández, "Proceso de disolución in vitro del esmalte dental humano durante un ataque ácido". Tesis de licenciatura. Facultad de Odontología, UNAM. Octubre de 1994.
3. Reyes Gasga, J., García, R., Vargas-Ulloa, L. "In situ observation of fractal structures and electrical conductivity in human tooth enamel". Phil. Mag. A 75, 1997, pp. 1023.
4. Reyes-Gasga, J., García, R., Alvarez. Fregoso, O., Chavez-Carvayar, J., Vargas-Ulloa, L. "Conductivity in human tooth enamel", J. Mat. Sci. 34, 1999, pp. 2183.
5. Reyes-Reyes, M., Reyes-Gasga, J., García, R. "Análisis por microscopía y difracción electrónica de las reflexiones prohibidas de la hidroxiapatita del esmalte dental humano". TIP Revista en Ciencias Químicas-Biológicas 4(1), 2001 pp. 40-49.
6. Sánchez Pastenes, E. "Simulación de los patrones de difracción electrónica de haz convergente de la hidroxiapatita". Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. Abril 2001.
7. Reyes-Gasga, J., García-García, R. "Analysis of the electron-beam radiation damage of TEM samples in the acceleration energy in the range from 0.1 to 2 MeV using the standard theory for fast electrons". Radiation Physics and Chemistry. 64, 2002, pp. 359-367.
8. Gutiérrez-Salazar, M.P., Reyes-Gasga, J. "Microhardness and chemical composition of human tooth". Materials Research 6, 2003, pp. 1-7.
9. Fernández, M.E., Zorrilla-Cangas, C., García-García, R., Ascencio, J.A., Reyes-Gasga, J. "New model for the hydroxyapatite-octacalcium phosphate interface. Acta Crystallographica B 59, 2003, pp. 175-181.



La nanotecnología como herramienta para promover el desarrollo del Perú

Juan Rodríguez- Instituto Peruano de Energía Nuclear

Un nanómetro es la mil millonésima parte de un metro, pongámoslo de esta manera “si pudiésemos agrandar el mundo hasta hacer que un nanómetro tenga el diámetro de una moneda de cincuenta céntimos, ésta llegaría a ser del diámetro de la tierra”. Esa diferencia de tamaño tan marcada en los materiales de dimensión nanométrica, hace que éstos tengan una relación elevada entre su superficie y el volumen que ocupa. Esto cambia, algunas veces de manera insospechada, sus propiedades físicas y químicas. La manipulación a nivel atómico de los átomos de estos materiales, dispositivos o sistemas útiles, y que lleva el nombre de nanotecnología, va a generar cambios

trascendentales en nuestra sociedad y es previsible que en las próximas décadas las técnicas actuales de manufactura vayan a quedar obsoletas.

Todo ese potencial uso industrial de la nanotecnología ha motivado que muchos países emprendan una carrera por su dominio. El mercado potencial para la nanotecnología, que se estimó en el 2001, llegará a más de mil billones de dólares anuales a finales del 2015 [1].

¿Quiénes van a dominar la nanotecnología?

¹ Roco, M.C. & W.S. Bainbridge, (eds.) 2001. Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology, NSET Workshop report, March 2001.

² Roco, M.C., 2005, International Perspective on Government Nanotechnology Funding in 2005, Journal of Nanoparticle Research, 2005, Vol. 7(6) pp.700-712.

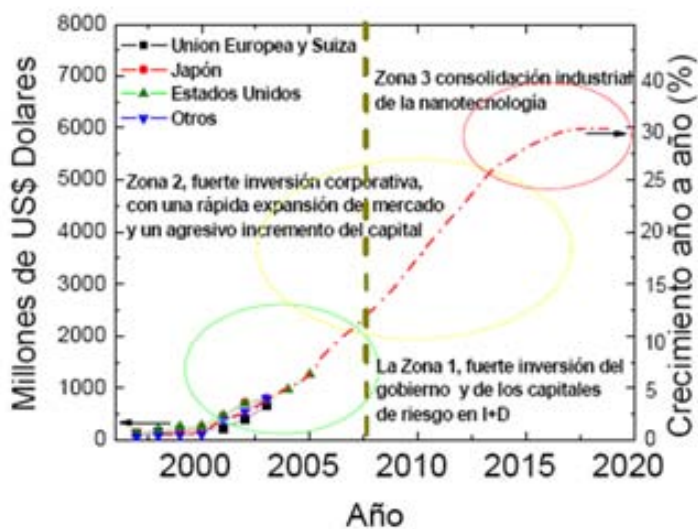


Figura 1. Desarrollo de la tecnología en los últimos 10 años y la proyección de la misma para los próximos años, asumiendo el modelo de una tecnología disruptiva. Con la denominación “Otros” se toma en cuenta a Australia, Canadá, China, Europa del Este, Israel, Corea, Singapur, Taiwán, etc^[2,3].

Las inversiones de las organizaciones gubernamentales de los países desarrollados, para la nanotecnología, se han incrementado notablemente en la última década, tal como se puede observar en la Figura 1.

Se puede observar que la tendencia de la inversión es muy similar y sigue el ciclo de inversión típica de las tecnologías disruptivas^[3], en donde se tienen tres zonas diferenciadas mostradas en la Figura. La Zona 1, que está por terminar, caracterizada por una fuerte inversión de I+D por parte del gobierno y los llamados capitales de riesgo. Continúa la Zona 2, caracterizada por una inversión corporativa, con una rápida expansión del mercado y un agresivo incremento del capital; y finalmente la Zona 3 donde se llevaría a cabo la consolidación industrial de la nanotecnología. Una correlación entre las más importantes aplicaciones de la nanotecnología para los países en desarrollo y los objetivos del milenio establecidos por la ONU ^[4], sindic

a las aplicaciones en producción, conversión y almacenamiento de energía; elevación de la productividad agrícola y aplicaciones en el tratamiento y remediación de agua, como las más importantes. Por ejemplo, el desarrollo de nanotubos de carbono para el almacenamiento y generación de energía, nanocatalizadores para la generación de hidrógeno, zeolitas nanoporosas para el adecuado dosaje de agua y fertilizantes en las plantas, nanosensores para el monitoreo de la calidad de diferentes entornos y salud de seres vivos, nanomembranas para la purificación de agua y el desarrollo de nanomateriales fotocatalíticos para la descontaminación de agua y aire.

Países en desarrollo que apuestan por la nanotecnología

Algunas naciones en vías de desarrollo no han sido indiferentes a este potencial y están invirtiendo en el desarrollo de la nanotecnología, así tenemos a China, Corea del Sur y la India, los que encabezan la lista con una estrategia nacional en nanotecnología, con la consiguiente disponibilidad de fondos, patentes y resultados tangibles de productos en el mercado. Seguidamente, tenemos a Tailandia, Filipinas, Sudáfrica, Brasil y Chile, que poseen alguna forma de ayuda gubernamental y se encuentran desarrollando sus programas nacionales de nanotecnología financiado por el Estado, pero con una limitada presencia de la industria. Finalmente, tenemos a Argentina y México, que se encuentran actualmente implementando sus programas en nanotecnología, pero que en los cuales no se observa aún la presencia de la industria ^[5].

El caso Peruano

En el Perú, la situación actual de la I+D no es buena, la inversión aproximada del 0.1% del PBI nos sitúa entre los últimos países en América Latina. Esto sumado a que aún no existen en el mercado nacional fondos de capitales de riesgo para el escalamiento y desarrollo de empresas con base nanotecnológica, hacen que nuestras

³Nanotechnology: Growth Opportunities and Investment Overview Frost & Sullivan Briefing April 28, 2005, <http://www.frost.com/prod/servlet/cpo/40230968>

⁴Fabio Salamanca-Buentello, Deepa L.Persad, Erin B. Court, Douglas K. Martin, Abdallah S. Daar, Peter A. Singer, Nanotechnology and the Developing World, 2(2005) 383-386 http://www.utoronto.ca/jcb/home/documents/PLoS_nanotech.pdf

⁵Court E, Daar AS, Martin E, Acharya T, Singer PA (2004) Will Prince Charles et al diminish the opportunities of developing countries in nanotechnology? <http://nanotechweb.org/articles/society/3/1/1/1>

oportunidades sean escasas. El panorama se ve un tanto aliviado por la definición de una política en I+D (Plan Nacional Estratégico de Innovación para la Competitividad y el Desarrollo Humano 2006-2021 del Perú [6], la cual viene tomando como parte importante de su financiamiento el crédito que el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) ha concedido al Perú recientemente, que con la contrapartida del Tesoro Público suman 36 millones de dólares, que vienen siendo utilizados desde el 2007 y durante cuatro años. Estos fondos están siendo destinados a financiar proyectos de innovación, investigación y capacitación, que contribuyan a elevar la competitividad del país, sobre la base de la asociatividad entre empresas y centros de investigación. Parte de estos fondos están siendo utilizados en proyectos que tengan componentes nanotecnológicos; sin embargo, son claramente insuficientes para lograr el desarrollo de este campo de manera vigorosa y sostenida.

Estrategias

Algunos países, que no tienen muchos recursos como para desarrollar todas las posibilidades potenciales de la nanotecnología, han enfatizado sus inversiones en áreas en las que tienen ciertas ventajas, tal es el caso por ejemplo de Corea, que se ha concentrado en el desarrollo de chips nanoelectrónicos de memoria o Australia que se ha focalizado en nanofotónica.

Siguiendo con este criterio y considerando que el Perú es un país megadiverso, con una costa árida y con reservas de energía limitadas, a continuación presentamos algunas líneas de investigación que nuestro país debería desarrollar. De la estructura de la cartera de exportaciones de nuestro país, se observa que en enero del 2008, el 65 % procede de la minería y petróleo[6], con bajo valor agregado, pero que en este momento gozan de una demanda impresionante. Una manera de abrir nuevas oportunidades para nuestros minerales, elevando su precio y empleando recursos humanos calificados, sería crear nuevos materiales nanoparticulados y compuestos, teniendo como constituyentes al oro, plata, cinc y cobre, entre otros. Para esta línea, se han identificando aplicaciones tan variadas como desinfección bacteriana,

microelectrónica o médica, aparte de las metalúrgicas que serían repotenciadas. Los materiales cerámicos y tierras raras, a ese nivel se usan en la fabricación de los nuevos sistemas de iluminación denominados LED (Light emission diode) y en pocos años más reemplazarán al tipo de iluminación actual, debido a sus mejores eficiencias y menores posibilidades de deterioro.

La agricultura en zonas áridas de la costa peruana, pueden ser beneficiadas también a través de iniciativas nanotecnológicas que involucren el desarrollo de materiales nanoporosos que de manera controlada entreguen agua y fertilizantes a las plantas. Para el Perú, un país con una costa desértica, con fuentes importantes de agua contaminada por actividad antropomórfica o natural, es estratégicamente importante obtener agua potable, ya sea a partir de la desalinización del agua de mar o de la descontaminación del agua dulce. Estos son temas que se deben abordar haciendo uso también de herramientas nanotecnológicas.

La energía es de suma importancia para el desarrollo de un país. En la actualidad, debido al desarrollo sostenido del país y a pesar de tener reservas de gas y carbón para un horizonte de 30 años, tenemos déficit de energía y somos importadores de petróleo. Esta situación, tiene una tendencia a agravarse en el mediano plazo, con el petróleo a precios elevados, el gas con reservas limitadas, los ríos reducido su caudal y el carbón que no se pueda usar por su impacto en el medioambiente. Frente a ese panorama, es impostergable investigar en el desarrollo de nuevas rutas para la generación de energía; en ese sentido, la nanotecnología puede dar un aporte importante en el desarrollo de nuevos tipos de generadores eléctricos. Por ser totalmente novedosa, la nanotecnología, al igual que cualquier otra tecnología, debe ser evaluada y regulada en sus posibles implicancias para el medioambiente y seres vivos. Por ejemplo, es necesario determinar su efecto en la salud del ser humano cuando se utilice nanopartículas en suspensión, principalmente en el aire[6]. Pero ello no quita que actualmente productos nanotecnológicos ya estén en el mercado. Por ejemplo, en el rubro de los cosméticos, pinturas, textiles, entre otros. Siendo el carbón, plata y los

⁶Boletín mensual de comercio exterior N° 44, Sunat y Mincetur, Enero 2008. [http://1.1.1.1/851477640/858228976T080827135817.txt.binXMysM0dapplication/pdfXsysM0dhttp://www.aladi.org/nsfaladi/dirinter.nsf/d5ed2194ad21bcf003256d5100635fb5/2816f2ac94fcb099032567d10054b211/\\$FILE/Bolet%C3%ADn%20Enero%202008.pdf](http://1.1.1.1/851477640/858228976T080827135817.txt.binXMysM0dapplication/pdfXsysM0dhttp://www.aladi.org/nsfaladi/dirinter.nsf/d5ed2194ad21bcf003256d5100635fb5/2816f2ac94fcb099032567d10054b211/$FILE/Bolet%C3%ADn%20Enero%202008.pdf)

óxidos de silicio, zinc y titanio los principales nanomateriales utilizados.

Es cierto que nuestro país es deficiente en recursos humanos, equipamiento, recursos económicos y organización, que permitan ponernos al nivel de los países desarrollados o de aquellos que están en franco proceso de desarrollo. No obstante ello, hay algunos centros de investigación nacionales que vienen trabajando intensamente en este campo. Sin embargo los pequeños grupos de investigación involucrados, sumados a los reducidos presupuestos que manejan y con

una coordinación casi nula entre si, tienen muy poca probabilidad de generar resultados de impacto en el cercano futuro. Algunos de esos temas, actualmente en desarrollo, catalizados convenientemente por la inversión del estado, la industria o la sociedad civil, pueden en corto tiempo generar resultados concretos y trascendentes, que permitan dar ese salto cualitativo tan necesario en nuestro país, que es el transformarnos de ávidos consumidores de tecnologías "llave en mano" en generadores de soluciones a nuestros problemas a través de útiles y novedosos productos tecnológicos.

⁶Environmental health and safety research needs for engineered nanoscale materials, Nanoscale Science, Engineering and Technology, Subcommittee of the National Science and Technology Council, Sep 2006 http://www.nano.gov/NNI_EHS_research_needs.pdf



Nuevas variedades mejoradas de cebada para la Región Alto Andina del Perú

Luz Gómez Pando - Universidad Nacional Agraria de la Molina, Programa de Cereales

La cebada es el cuarto cultivo más sembrado en el Perú después del arroz, papa y maíz. El área cultivada con cebada es de aproximadamente 150 930 ha, con una producción de 190 000 t y un rendimiento promedio de 1283 kg/ha.

La cebada en el Perú es cultivada principalmente por pequeños agricultores, se calculan 250 000 unidades agropecuarias destinadas a su cultivo. Al ubicarse la mayor parte del área de cultivo en la sierra, los rendimientos son relativamente bajos. Sin embargo, la cebada es uno de los pocos cultivos adaptados a la región alto andina cercana a los límites de la frontera agrícola, donde las sequías y las bajas temperaturas limitan la producción de otras especies.

El aumento de la producción se puede lograr a través de: mayor uso de fertilizantes, me-

jores prácticas culturales, uso de sistemas múltiples de cultivo, el uso de control químico de enfermedades e insectos, mejor asistencia técnica y el desarrollo de variedades mejoradas genéticamente.

El uso de variedades mejoradas adaptadas a tierras marginales, es en el caso del Perú una de las pocas técnicas aplicadas por el agricultor andino y que ha permitido mejorar la productividad de la cebada en la región altoandina del Perú.

Los factores que a continuación mencionaremos hacen necesario el desarrollo de nuevas variedades mejoradas de cebada, las cuales deben ser muy rústicas, adaptadas a nuestras condiciones ambientales, productivas, de buena calidad y resistentes a enfermedades:

- a) La gran diversidad de microclimas que hay en nuestro país, propicia el desarrollo permanente de nuevos biotipos de los agentes que producen enfermedades.
- b) Los hábitos de consumo, aproximadamente el 70 por ciento de la producción de cebada es empleada en alimentación humana en forma de morón, machca, harinas, hojuelas, bebidas refrescantes y medicinales (emoliente).
- c) La tecnología rudimentaria de cultivo.
- d) Las condiciones adversas de clima y suelo que caracterizan la mayor parte de las zonas cultivadas con cebada.

Las variedades mejoradas combinan genes previamente existentes en diferentes variedades o germoplasma y llevan genes inducidos a través de mutaciones que las hacen completamente nuevas y diferentes a las variedades previamente existentes. Las variedades mejoradas son propagadas, diseminadas y multiplicadas a través de las semillas que son el insumo insustituible con el cual se inicia el proceso de producción agrícola.

Desarrollo de nuevas variedades mejoradas de cebada

El desarrollo de variedades ha sido realizado empleando los métodos convencionales de mejoramiento genético de plantas (hibridación e inducción de mutaciones) y el apoyo de la biotecnología (producción de dobles haploides).

Tabla 1. Variedades desarrolladas por el Programa Mejoramiento Genético de la Cebada en el Perú.

Año	Variedad
1976	Zapata
1980	Universidad Nacional Agraria 80
1982	Universidad Nacional Agraria 8270
1987	Yanamuclo
1992	Buenavista
1994	Universidad Nacional Agraria La Molina 94
1995	Universidad Nacional Agraria La Molina 95
1996	Universidad Nacional Agraria La Molina 96
2006	Centenario

La primera variedad mejorada de cebada fue introducida a la producción agrícola el año 1976 y la última en el 2006 (Tabla 1). A continuación, se presenta la relación de variedades y el año de introducción a la producción agrícola de cada una de ellas:

Las variedades empleadas en el Perú antes de 1976 fueron: la Cebada Común o del País, Chevalier, Filbreck Unión, Breun's Wisa, Magnif 105. Estas variedades fueron retiradas de la producción comercial por el severo ataque de roya amarilla que se presenta por primera vez en el Perú entre los años 1975 y 1976.

La pérdida total de la producción nacional en esa etapa se minimizó con la difusión de las variedades Zapata, UNA 80 y Grigñon.

A partir de este período, se empieza a usar las variedades mejoradas de cebada desarrolladas por la Universidad Nacional Agraria La Molina. El rendimiento potencial de las variedades se ha ido incrementando de 1500-2000 kg/ha en Zapata a 4500-6000 kg/ha en UNA La Molina-96 y Centenario (Figura 1). Sin embargo, estos rendimientos potenciales no son obtenidos por la mayor parte de los agricultores de cebada, por la baja tecnología aplicada en su cultivo debido a sus escasos recursos económicos y/o falta de conocimiento.

El desarrollo de variedades debe ser permanente, en todo buen proceso agrícola, debido a:

1. La resistencia genética de las variedades a las enfermedades, generalmente vencida por los patógenos (hongos e insectos) cada 5 a 10 años.
2. Las características de rendimiento y calidad deben seguir mejorándose para adecuarlos a los requerimientos cambiantes de los usuarios, de la industria o del clima.

Impacto de las nuevas variedades de cebada en la producción de alimentos y economía de la sierra peruana

Incremento del rendimiento promedio de cebada

A Nivel Nacional

El rendimiento promedio nacional ha aumentado de 800 kg/ha en 1978 a 1296 kg/ha el año 2003 (Figura 2). El programa liberó la primera variedad el año 1976 y se observa un incremento creciente del rendimiento en forma paralela a la entrega de variedades. Para el año 2003 el incremento fue de 62%.

*90% del área de cebada en el Perú están sembradas con variedades obtenidas por el Programa de Cereales de la Universidad Agraria La Molina con el apoyo de la Fundación Backus.

A Nivel Regional

El incremento del rendimiento es mayor al del promedio nacional en algunas Regiones como: La Libertad, Junín, Cusco, Huánuco y Pasco debido a un mayor interés de los agricultores en adoptar la variedad y el paquete tecnológico.

En la Comunidad de Sincos (Junín), bajo el asesoramiento del Programa de Cereales de la Universidad Nacional Agraria de la Molina (UNALM), los agricultores cosecharon 4000 kg/ha, es decir 350% más que el promedio nacional.

El efecto benéfico de la variedad mejorada también ha sido comprobado por Caritas del Perú y ADRA del Perú, que proporcionan a través de sus proyectos de transferencia de tecnología: semillas de las variedades UNALM 96 y Centenario y capacitación a agricultores; logrando rendimientos mayores al 100% con relación a los locales.

Incremento de las ganancias del agricultor por hectárea

Considerando el promedio nacional del año 1978 igual a 855 kg/ha y el actual de 1283 kg/ha, el incremento del rendimiento es de 496 kg/ha debido a que los cambios en tecnología son locales y todavía no se tiene una cobertura a nivel nacional. Se puede decir, que el incremento es resultado del uso de la variedad mejorada, dándole un valor monetario sería igual a US\$ 73.40 por hectárea cultivada.

A nivel nacional, con las variedades mejoradas del proyecto, en un sector de agricultura marginal, el monto adicional generado as-

Rendimiento Potencial de las variedades de cebada

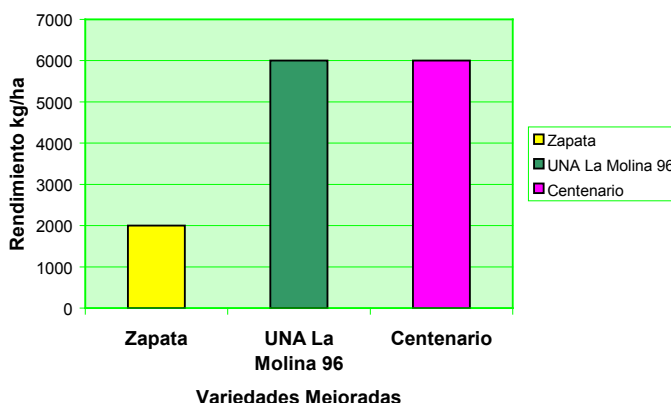


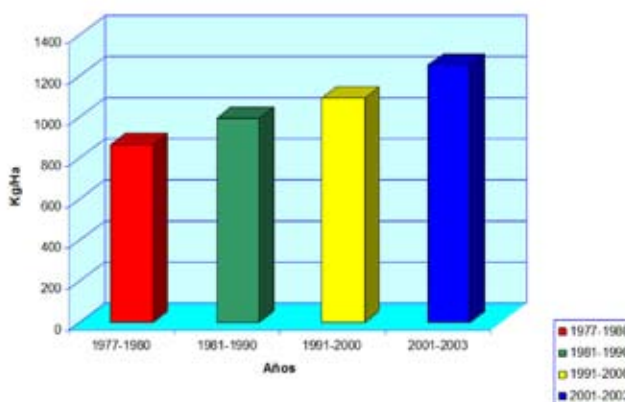
Figura 1. Rendimiento potencial de nuevas variedades mejoradas de cebada.

cendería a US\$ 9 979 684.20 anuales.

Incremento del empleo

Con la siembra de las variedades tradicionales se logra generar autoempleo y productos para el autoconsumo del agricultor. En este caso, durante su desarrollo vegetativo y cosecha se necesitan 20 jornales; mientras que con variedades mejoradas se necesita 30 jornales por hectárea para cosechar los granos, por la mayor productividad.

Figura 2. Incremento del rendimiento por hectárea de cebada en el Perú (1977- 2003).



Fuente: MINAG-DGIA *90% del área de cebada en el Perú están sembradas con variedades obtenidas por el Programa de Cereales de la Universidad Agraria La Molina con el apoyo de la Fundación Backus.

Incremento en la disponibilidad de un cultivo nutritivo

A pesar de no ser un cultivo promocionado oficialmente, Canahua y Zea (1981) estudiosos de la región altoandina y de los cereales señalan que la cebada juega un rol muy importante en el medio rural. Las observaciones que realizaron en 10 colegios de las provincias de Chucuito y Huancané, en el departamento de Puno, permitieron identificar que el 84% de los niños en edad escolar consumían cebada en forma de tostados como dieta, en su almuerzo.

De acuerdo con Stickney R.E. (1982) la cebada contribuye con el 20% del total de calorías consumidas por la población de Puno, siendo el segundo cultivo después de la papa que aporta el 21%. En la tabla 2 se presenta la incidencia de la cebada en la alimentación con relación al contenido de proteínas (aminoácidos esenciales y otros), carbohidratos (calorías), minerales, vitaminas y fibras dietarias especiales.

Apoyo nacional e internacional

Para el desarrollo de los proyectos en el tema se contó con el auspicio de:

- Universidad Nacional Agraria de La Molina
- Industria Maltero – Cervecera repre-

sentada por Maltería Lima S.A., Cervecería Backus y Johnston S.A. y la Compañía Nacional de Cerveza S.A. Actualmente, la Fundación Backus están financiando las investigaciones de cebada de la Universidad Nacional Agraria.

- Organismo Internacional de Energía Atómica a través del Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN) ha proporcionado becas para la capacitación del personal de la Universidad, visitas científicas a centros de investigación en cebada, asesoramiento de expertos internacionales, equipos de laboratorio y campo.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) e ICARDA (International Center for Agricultural Research in the Dry Areas) a través de programas de capacitación, visitas científicas y germoplasma.

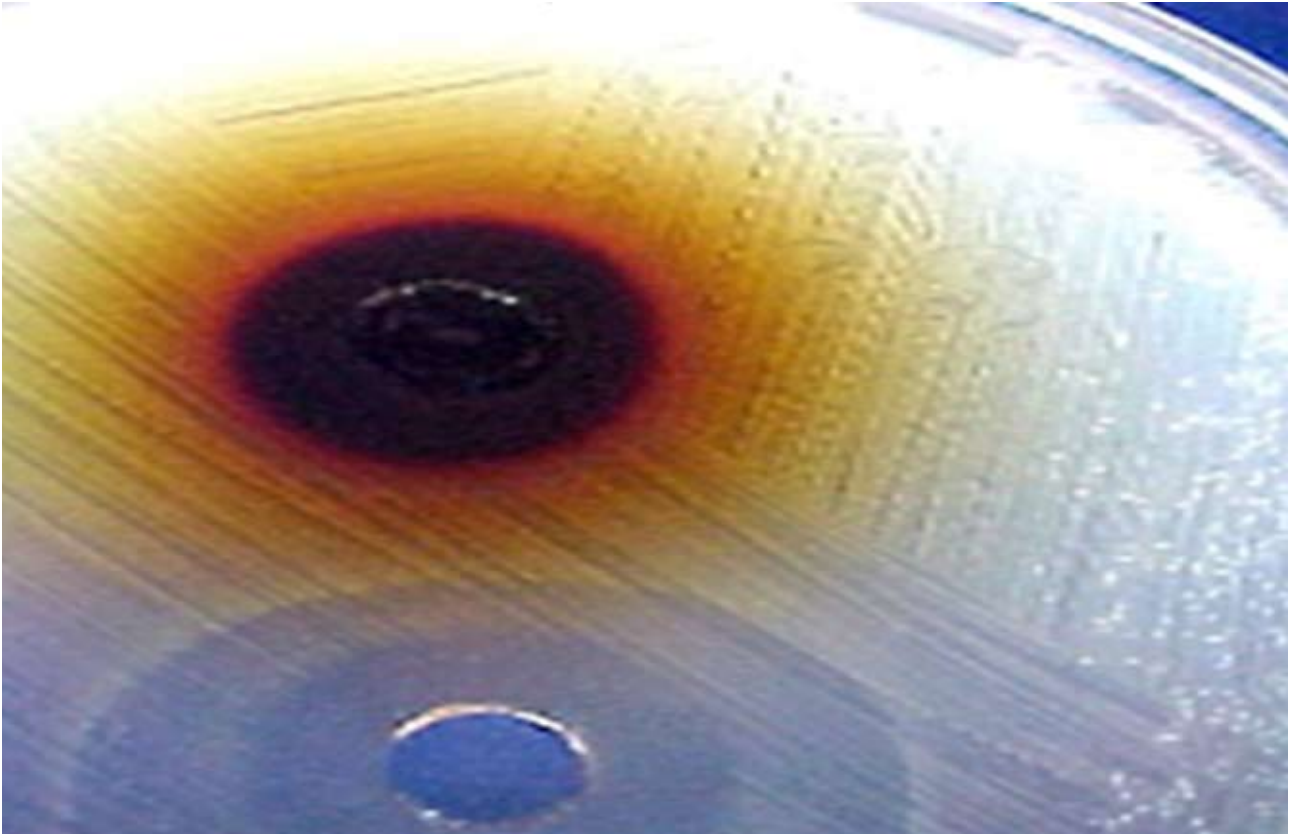
Además se ha contado con los siguientes aliados estratégicos:

- Caritas del Perú y las Caritas Diocesanas de Huancayo y Huancavelica
- ADRA Perú
- Agricultores de las Comunidades de Junín y Huancavelica

Tabla 2. Composición química de la cebada comparada con otros cereales (Porcentaje sobre materia seca de grano).

Cereal	Proteína	Grasa Totales	Carbohidratos Fibra*	Cenizas	
Arroz pilado	10.1	2.1	86.4	1.0	1.4
Avena pilada	14.7	8.0	72.0	4.0	2.0
Cebada cubierta	12.2	1.9	75.9	6.8	3.1
Cebada desnuda	13.3	2.6	80.0	1.9	2.0
Cebada perlada	12.0	1.5	84.3	1.0	1.2
Maíz	10.3	4.5	81.5	2.3	1.4
Trigo	13.4	2.4	79.9	2.4	1.9

Fuente: INIAP, Depto. Nutrición y calidad (1991)
INN, (1965) / Yufera, P. 1987



Nuevos biomateriales para la medicina: El Quitosano

Julio Santiago: Instituto Peruano de Energía Nuclear

El quitosano es un derivado de la quitina, segundo biopolímero más abundante después de la celulosa. La quitina se obtiene principalmente de residuos de los crustáceos y moluscos. La quitina es blanca, dura, inelástica e insoluble en los solventes comunes; en cambio, el quitosano es soluble en soluciones ligeramente ácidas, lo que facilita su caracterización y funcionalización.

El quitosano es un material adsorbente, biocompatible, biodegradable e inocuo, lo que sumado a su actividad bactericida y naturaleza policatiónica, hacen del quitosano una excelente materia prima para desarrollar productos con diferentes aplicaciones en el campo de la agricultura, tratamiento de efluentes, veterinaria, cosmética y medicina en general.

Debido a sus aplicaciones comerciales, en el

Instituto Peruano de Energía Nuclear – IPEN -, nos interesamos en desarrollar productos a base de quitosano. Para esto hemos elaborado un proceso innovador en la preparación del quitosano que incluye la aplicación de la radiación gamma en una de las etapas intermedias, logrando que la conversión quitina–quitosano se realice en menos tiempo que en un proceso convencional, y obteniéndose un material esterilizado que lo hacen ideal para aplicaciones biomédicas. Este proceso ha sido patentado en el El Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual - INDECOPI- (C.I.P. 7CO8B 37/08, A 61L 15/00).

A nivel mundial, se han realizado varios estudios, con resultados muy positivos, en cuanto a la utilización del quitosano en la liberación controlada de diferentes principios activos. Por ejemplo, se ha estudiado la liberación nasal de vacunas y de insulina, apro-

vechando las propiedades muco adhesivas del quitosano, que facilitan la liberación de los principios activos directamente al tracto nasal, contribuyendo a que la asimilación del principio sea más rápida y efectiva.

Actualmente, el uso de biomateriales para el tratamiento de heridas es un área de interés para los investigadores y personal médico, a tal punto que la ingeniería de tejidos busca soluciones, mediante la utilización de estos productos, en la cirugía y reparación de tejidos dañados. La capacidad del quitosano de formar películas o soportes ha permitido su aplicación en el campo de la ingeniería de tejidos, debido a sus propiedades mecánicas como a su baja tasa de biodegradación. Los soportes de quitosano pueden servir para mantener, reforzar, y en algunos casos organizar la regeneración tisular; como matriz, puede ser utilizada para liberar materiales bioactivos o influenciar directamente el crecimiento celular. La presencia de quitosano aumenta la adhesión celular, favoreciendo la proliferación de fibroblastos y queratinocitos, sin causar respuesta inmune y permitiendo una vascularización y colonización adecuada de fibroblastos, obteniéndose así una matriz organizada con poca formación de granulación y tejido cicatrizado.

Innovación del proceso usando radiación gamma

Para aumentar las propiedades mecánicas de las películas, se realiza un entrecruzamiento de las cadenas poliméricas, obteniéndose materiales insolubles conocidos como hidrogeles. Dentro de esta categoría, se ha demostrado que los hidrogeles de quitosa-

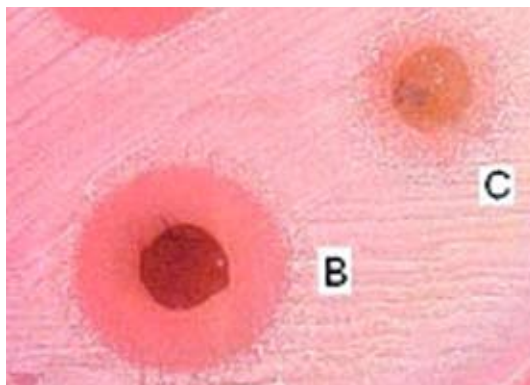


Figura 1. Halos de inhibición mostrados por películas conteniendo un extracto hidroalcohólico (A), etanólico (B) y acuoso (C) de sangre de grado frente a *Staphilococcus aureus*

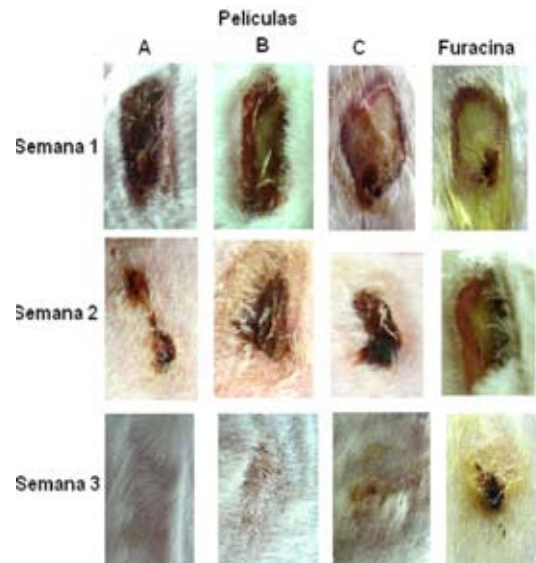


Figura 2. Quemaduras provocadas en conejos y tratadas con películas recientes conteniendo un extracto de sangre de grado (A), con películas envejecidas (B), con películas sin sangre de grado (C) y con una crema comercial en función del tiempo de tratamiento.

no, combinado con alcohol polivinílico (PVA), favorecen la adhesión y crecimiento celular "in vitro", con una proliferación considerable y estimulación de la respuesta celular. La incorporación de aditivos químicos hacen que las propiedades de los hidrogeles de quitosano en presencia de fibroblastos pueden ser suprimidas o favorecidas dependiendo del aditivo utilizado.

Con la finalidad de emplearla para el tratamiento de heridas, en el IPEN se han desarrollado hidrogeles de quitosano-PVA entrecruzados por radiación gamma, obteniéndose materiales altamente hidroabsorbentes y con buenas propiedades mecánicas. Las pruebas in vivo realizadas en quemaduras muestran que este material no acelera la cicatrización, pero actúa como una barrera para impedir la infección de la zona quemada. Para potenciar la actividad biológica de estas películas, se ha introducido en estas películas extractos hidroalcohólicos de sangre de grado (*Croton lechleri*), reconocido por sus propiedades antiinflamatorias, cicatrizante y antifúngicas, obteniéndose un material muy interesante. Por ejemplo, sus propiedades antifúngicas son superiores al de los componentes aislados, a pesar que la liberación de los componentes activos de la sangre de grado se

hace en concentraciones muy bajas (figura 1). Igualmente, en la pruebas in vivo sobre quemaduras se observó una aceleración de la cicatrización (figura 2). Estas pruebas han sido corroboradas por estudios histopatológicos de las biopsias tomadas de las zonas de estudio.

En paralelo con las pruebas realizadas con sangre de grado como aditivo, se ha iniciado

el estudio de la inclusión de nanopartículas de plata en los hidrogeles de quitosano-PVA, para aprovechar las propiedades antibacterianas de dicho metal. Los primeros resultados preliminares, nos permiten observar que estas películas poseen buenas propiedades antifúngicas, en la siguiente fase de la investigación se realizarán pruebas in vivo para estudiar su eficiencia en el tratamiento de quemaduras y cortes.



Bases para el desarrollo de la cadena productiva de la alpaca peruana

Eliseo de los Ríos - Instituto Peruano de la Alpaca y Camélidos, IPAC – Arequipa

La actividad económica dedicada a la crianza y producción de los camélidos en el Perú, se estima que compromete directamente a unas 170,000 familias, que viven a lo largo de la cordillera de los Andes, la mayoría de las cuales, el 95%, poseen hatos de alpacas, entre 50 y 100 animales; de ahí su denominación de alpaqueros.

La crianza de la alpaca es mayor que las otras especies como llamas y ovejas. Sin embargo, el volumen de producción no permite una adecuada rentabilidad, lo que ocasiona que estas familias vivan en una economía de subsistencia, con el consecuente deterioro de sus niveles de vida. Los pocos recursos económicos que obtienen los utilizan en incrementar la crianza de la alpaca, como productora de fibras naturales finas denominadas especiales.

Esta situación, limita las posibilidades

individuales para mejorar su capacidad y calidad productiva, y consecuentemente, la del hato alpaquero nacional incrementando los ingresos de los productores.

Visto desde una perspectiva de mercado, el potencial de esta actividad es muy promisorio, en la medida que se implementen las acciones correctivas necesarias para hacer de estos pequeños productores células productivas rentables, teniendo como base, la calidad de su producción (diámetro de la fibra) y la articulación productiva y comercial. Para ello se ha elaborado la Estrategia Nacional de Desarrollo de los Camélidos Domésticos del Perú, con una visión de largo plazo, que involucra a todos los segmentos de la cadena productiva de la alpaca y llama.

Se estima que en los últimos 25 años se ha invertido en el sector de los camélidos más de 70 millones de dólares en diversos proyectos



provenientes de la cooperación nacional e internacional, los cuales están ubicados en la zona sur del país. Todos estos Proyectos están focalizados y actúan con un criterio paternalista y asistencial, generando en los “beneficiarios” una actitud de dependencia y en muchos casos de mendicidad.

Se ha actuado con una visión muy limitada sin perspectiva empresarial, totalmente desconectada del mercado, buscando – en muchos casos - el enfrentamiento entre los agentes de la cadena de valor donde los intermediarios son los que obtienen mayor ventaja económica en desmedro de los productores. Por ejemplo, la adulteración que realizan algunos intermediarios para ganar en peso, afecta las posibilidades económicas de mejorar el procesamiento y transformación industrial de la fibra, orientada al exigente mercado nacional e internacional.

Para concretar las estrategias adecuadas de comercialización es necesario identificar las prioridades del mercado realizando una acción concertada entre los diferentes



agentes que integran la cadena. Solucionar la problemática de la dispersión de los criadores empieza por generar esquemas adecuados de asociación, que permitan beneficios efectivos por compras y ventas conjuntas y otros servicios pecuarios que mejoren sus capacidades de negociación. Esto sería posible en base a la participación concertada de organizaciones públicas y privadas relacionadas con la actividad, que deben trabajar con un espíritu de franca colaboración y consenso para alcanzar los objetivos y metas de la Estrategia Nacional de Desarrollo, que involucra directamente a miles de familias peruanas, que habitan en los lugares más inhóspitos del territorio nacional.

Conjuntamente a las mejoras en la crianza se viene desarrollando programas para incrementar el valor agregado de la fibra, a través de una eficiente y competitiva preparación en la actividad textil de confección de prendas de vestir y accesorios con calidad para la exportación. Se busca aprovechar el alto nivel tecnológico alcanzado por la industria textil hilandera de pelos finos, localizada en la ciudad de Arequipa.

Por iniciativa del empresariado industrial, los productores y la Comisión para la Promoción de las Exportaciones – PROMPEX se ha creado el Instituto Peruano de la Alpaca y Camélidos (IPAC). Esta entidad tiene como misión: “De manera concertada y altamente especializada promover el desarrollo y la competitividad de la cadena productiva de la alpaca y los otros camélidos en el Perú”.

El IPAC viene realizando una intensa actividad en la preparación, gestión y ejecución de distintos proyectos, que abarcan los diferentes segmentos de la cadena productiva de la alpaca, con particular énfasis en los aspectos críticos que la afectan, como es el caso de la falta de información confiable respecto a la real situación de los productores alpaqueros. Se ha preparado el proyecto del Primer Censo Nacional de Alpacas y otros Camélidos en el Perú, en coordinación con las instituciones más competentes y especializadas del país y del extranjero. El proyecto se encuentra en su fase final para su ejecución mediante un convenio de cooperación con el Ministerio de Agricultura.

El proyecto para la normalización de la fibra de alpaca que considera las Normas Técnicas Peruanas de la Fibra de Alpaca en vellón, clasificada, cardada y peinada, han sido

aprobadas y oficializadas por el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual - INDECOPI. En el año 2004 se inició la aplicación de las normas de manera experimental, lográndose un gran éxito entre los productores. El establecimiento de precios diferenciados según la categoría de finura que presenten los vellones, generan un mayor estímulo entre los criadores de alpacas. Esta situación obliga a mejores prácticas pecuarias que impulsen el desarrollo de este valioso recurso peruano.

Otro Proyecto de igual importancia, está referido a solucionar de manera progresiva, pero definitiva, los problemas en la comercialización actual de la fibra, a través de la implementación de un sistema nacional de centros de acopio de fibras y otros. Asimismo, se ha preparado y se está implementando progresivamente un "Plan de Marketing para el Posicionamiento de la Alpaca del Perú, como producto bandera, en el ámbito nacional e internacional". El producto textil que se obtenga debe ser sinónimo de calidad para la alta moda.

La aprobación del financiamiento por el Banco Interamericano de Desarrollo, a través



del Fondo Multilateral de Inversiones – FOMIN, del Proyecto "Articulación Comercial y Competitividad del Sector Textil Alpaquero de Arequipa", constituye un importante logro que tiene por finalidad el desarrollo del cluster empresarial textil alpaquero en esta ciudad. Se busca consolidar a la micro y pequeña empresa de confecciones de alpaca, contando con el apoyo técnico, comercial y asesoría de la industria textil tecnológicamente consolidada y promoviendo su proyección al resto del país.



En relación con la problemática de las heladas o temporales de frío intenso en invierno, que ocasiona una tasa de mortalidad de animales de hasta 80%, especialmente en las crías, se está ejecutando la construcción de establos techados o dormitorios, en diferentes zonas alpaqueras del sur del país, con participación de los productores, reduciendo la mortalidad a un 5 %. Este es un proyecto de mucha importancia y forma parte de todo un programa de mejoramiento de la infraestructura de crianza para elevar la rentabilidad de los hatos alpaqueros familiares.

En el área de capacitación, mediante convenio con el Banco Mundial e Instituto de Capacitación Agraria (INCAGRO) se ha certificado a 100 extensionistas de las Regiones de Puno y Arequipa ejecutando el proyecto "Sistema de capacitación para extensionistas, en el manejo técnico y comercial de la fibra de alpaca y llama por calidades y colores". Actualmente, se está desarrollando el segundo proyecto INCAGRO 2, en las Regiones de Moquegua, Tacna y Cuzco. Estos proyectos involucran, en la etapa de sensibilización, a los gobiernos regionales, universidades e instituciones vinculadas al sector alpaquero.



Resulta de vital importancia el aprovechamiento de esta coyuntura, para impulsar de manera seria y preferente, esta cadena de valor. Como peruanos y empresarios del sector la sentimos muy nuestra, por su relación con nuestra historia, que proviene de profundas raíces precolombinas, las que supieron alcanzar niveles extraordinarios en los sistemas de crianza, dando como resultado excelentes estándares en la calidad de la fibra de alpaca, tanto en su finura, variedad y definición de colores naturales, enormemente superiores a los actuales. Sus confecciones con diseños y técnicas de tejidos asombrosos, representan el legado que tenemos la obligación de honrar, haciendo que esta actividad alcance, nuevamente, su verdadera dimensión socio-económica y cultural en nuestro país.





Revista Tecnología & Desarrollo. Volumen 3, Nos. 1-3, ene-dic 2007. por Edgar Medina, Mario Mallaupoma, Antonio Prado, Juan Rodríguez, Marco Espinoza, Carlos Sebastián, Eds. se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).