

EL TRATAMIENTO DEL NEJAYOTE Y LA DIVERSIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN, COMO PRIMER PASO HACIA LA SUSTENTABILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE NIXTAMAL EN LOS MOLINOS TRADICIONALES

*G. Ramírez
JJ. Ambríz
Y. Hernández
L. Escamilla¹*

RESUMEN

El trabajo que se presenta es parte de un proyecto que inicia hace 4 años, motivado por la necesidad de un molinero de nixtamal al que urgía resolver su problema de contaminación de aguas residuales. Ante esta situación y el deseo de la Universidad de vincularse con el entorno de Iztapalapa, surge la idea de que se iniciara un trabajo con los industriales de la masa y la tortilla con el objeto de formular una metodología de acercamiento a las micro, pequeñas y medianas industrias (MPyMES); y, que a la vez, se diera respuesta a las condiciones apremiantes de la industria nixtamalera con un esquema de apoyo a las MPyMES para ofrecer condiciones de competitividad que se debieran alcanzar ante el TCLAN en 2008 –compleja situación agudizada por la reciente crisis de desbaste de maíz para consumo humano que se dio a finales de 2006 y que continúa a la fecha-. En este contexto se formularon un conjunto de propuestas para cada línea temática. Aquí se destacan principalmente las que tienen que ver con el agua de Nejayote y la diversificación productiva.

Uno de los retos fundamentales en los molinos de nixtamal, gira en torno a la descontaminación del agua de Nejayote que la industria del nixtamal arroja a los drenajes. En tanto que otro desafío primordial, es el de ofrecer alternativas de diversificación de masa nixtamalizada.

La línea descontaminantes de agua del Nejayote se formuló bajo un proyecto dividido en tres etapas. **La primera**, es a nivel laboratorio. Para este espacio se diseñó un sistema de tratamiento sencillo del Nejayote para minimizar la contaminación ambiental, además de buscar la forma de diversificar el uso de la masa de maíz para hacer productos de alto valor

¹ Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, tel 5804-4710, fax: 5804-4712. grr@xanum.uam.mx

agregado. **La segunda** etapa, que es en donde nos encontramos, consiste en ensayar en un molino tradicional la tecnología desarrollada y probar a nivel operativo la practicidad del desarrollo para que esto pueda servir de muestra a la organización de molineros con quien venimos trabajando.

En **la tercera** etapa, se buscará integrar a otras organizaciones de la industria de la masa y la tortilla de diversas zonas del Distrito Federal que se han venido acercando a la Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad IZtapalapa (UAM-I) para asesorías. Con estos grupos y a partir de su autodiagnóstico, se trabajarán los procesos correspondientes al tratamiento del Nejayote y al desarrollo de nuevos productos de forma organizada y sustentable en donde la capacitación y el apoyo a la autogestión sea el centro del desarrollo de este grupo de molineros.

El tratamiento del Nejayote y la diversificación de la producción, como primer paso hacia la Sustentabilidad de la producción de Nixtamal en los Molinos Tradicionales

Los alimentos básicos de la población mexicana son el maíz y el frijol. El crecimiento demográfico, los bajos rendimientos de la mayor parte de los campos dedicados a estos dos productos y la falta de una política agropecuaria acorde a las necesidades de México, ha propiciado que estos básicos sean importados en forma creciente.

México produce alrededor de 18 millones de toneladas de maíz al año. Este volumen es casi 50 por ciento superior al que se requeriría para alimentar durante un año a diez millones de habitantes con una dieta tradicional basada en el maíz, básicamente tortilla, para lo cual existen dos tipos de establecimientos que elaboran la masa para hacer productos derivados del maíz para consumo humano estos son: los molinos tradicionales de nixtamal que producen de 500 a 2000 kg/día y las fábricas de harina de maíz nixtamalizado que producen de 200 a 600 ton/día. Los primeros procesan aproximadamente el 70por ciento del maíz convertido en nixtamal, mientras que el 30por ciento restante se convierte en harina nixtamalizada.

El procesamiento del maíz para consumo humano se realiza mediante la cocción alcalina conocida como nixtamalización, esta fase consume cantidades considerables de agua, tiempo y energía, y se pierde aproximadamente un cinco por ciento del peso de maíz en

base seca, aproximadamente el tres por ciento se encuentra suspendido y el dos por ciento restante se encuentra en forma disuelta, la materia suspendida puede separarse fácilmente y es un proceso relativamente económico por sedimentación, pero la parte disuelta debe ser precipitada para separar éstos sólidos, también por sedimentación.

A pesar de esto, diversos estudios han demostrado que la transformación del grano de maíz en masa y luego en tortilla u otros alimentos induce cambios tanto en los aspectos físicos y químicos del grano, como en aspectos nutricionales (1). En cuanto a los cambios físicos, el proceso de nixtamalización induce la eliminación de la cáscara del maíz, lográndose una mejor textura. Asimismo, la cocción causa una gelatinización parcial de los almidones y también induce cambios en la solubilidad de la proteína, lo cual también contribuye a aumentar la calidad y textura de la masa (2). El proceso de nixtamalización induce también cambios que son favorables para algunos nutrientes, uno de los cambios de interés nutricional es la fibra dietética, la cual se libera. La presencia de fibra se ha asociado a la disminución de la biodisponibilidad de zinc, hierro y otros nutrientes. Sin embargo, durante el periodo de cocción y de remojo ocurren también pérdidas.

Desde el punto de vista químico, el proceso de cocción alcalina induce pérdidas importantes de varios nutrientes, en particular de las vitaminas del complejo B y de carotenos en maíz amarillo. También ocurren cambios en el contenido de minerales(1). Un compuesto químico que se ha asociado a reducir la biodisponibilidad del hierro y de otros minerales es el ácido fítico. Este compuesto se encuentra en concentraciones relativamente altas en el germen del maíz, fracción física del grano que no se elimina durante la cocción alcalina del grano. El ácido fítico tiene alta capacidad para "capturar" y reducir la absorción del hierro, zinc, calcio y aun fósforo, lo cual contribuye a crear deficiencias en estos nutrientes. Este elemento se encuentra tanto en el maíz como en las tortillas cuya presencia en la comida de los mexicanos es indispensable.

Las aguas residuales o efluentes contienen residuos del maíz así como restos de cal de forma suspendida y disuelta usada durante la cocción. Esta materia orgánica e inorgánica representa una elevada carga contaminante desde el punto de vista ambiental, ya que presenta una temperatura de 40 a 70°C y un pH que oscila entre 12 y 14. Esto es debido a la gran cantidad de cal y agua que se emplea durante el proceso, que cuando se arrojan al

drenaje o directamente a los acuíferos o al suelo provocan un deterioro ambiental importante. A esta agua se le conoce con el nombre de nejayote.

El agua del cocimiento del maíz (nejayote) se tira al drenaje; si se considera que se tiran más de 250 ton de desechos sólidos de maíz, esto equivale a la basura diaria de 4 millones de personas, además de 32 ton de cal y 10,000 m² de agua caliente. El problema es serio y la realidad es que esto se diluye porque la actividad industrial de la molienda del maíz se da en industrias que procesan muy pocas cantidades.

El proceso tradicional de nixtamalización con sus 3500 años de edad esta desde el punto de vista ecológico en sus primeras etapas evolutivas y presenta muchas limitantes tecnológicas en este aspecto. El gran problema que presenta la industria para la preparación de harinas instantáneas y masa de nixtamal es el gran volumen de nejayote que es muy contaminante y con alto nivel de sólidos solubles y cal. Como resultado de este proceso ocurren pérdidas importantes de tiamina, niacina, riboflavina, grasa y fibra. El nejayote contiene partículas sólidas de fragmentos de pericarpio (fibra), almidón, proteína y germen soluble.

Es por ello que surge la necesidad de crear técnicas que permitan la eliminación de sólidos suspendidos, bajar la temperatura y neutralizar el pH del agua de nejayote para un mejoramiento del medio ambiente y el aprovechamiento de estos sólidos como productos de alto valor agregado.

En el tratamiento de aguas residuales se han tratado de instrumentar legislaciones que eviten la descarga de esta agua con objeto de reducir el grado de contaminación de acuíferos donde generalmente son enviadas dichas aguas, pero debido a la falta de tecnologías apropiadas para tratar esta agua de desecho con procesos técnica y económicamente factibles para las condiciones específicas de cada sector o región, no se aplican en todas partes.

En algunas líneas de manufactura como es la producción de nixtamal y tortillas, el grupo tradicional de las pequeñas empresas sigue siendo el principal grupo de producción. Por ejemplo: según los datos de la principal empresa productora de harina de nixtamal, Grupo Maseca S.A. de C. V. (GRUMA), que es la empresa industrial más grande de su campo, tuvo

ventas en 1999 de 15,624 millones de pesos, que equivalen aproximadamente a sólo 3 millones de toneladas de maíz. A comparación con el consumo total aparente de aproximadamente 11 millones de toneladas anuales. Esto indica la importancia estratégica que aún tienen las pequeñas empresas productoras de tortilla, pues seguramente dominan más del 70 por ciento del mercado y son una fuente importante del empleo y de la cadena alimenticia básica para la mayoría de la población, que tiene al maíz como su principal fuente de calorías y proteína (4), aunque la contaminación que esto representa es considerable.

El trabajo de investigación que aquí se presenta, tiene como objetivo principal, aportar el conocimiento científico y tecnológico que permita crecer de manera integral en los aspectos productivo y social como base del desarrollo de la agroindustria alimentaria más importante del país, bajo la premisa de una explotación racional pero exhaustiva y en el marco de una propuesta de desarrollo sustentable.

Lo anterior, se fundamenta en la **escuela del ecodesarrollo**, misma que asume las siguientes premisas:

- Se reconoce que el “ajuste técnico” es necesario pero no suficiente para enfrentar, aún en el corto plazo, los retos que supone la sustentabilidad. Esto resulta así debido al menos a dos razones: a) reducir el impacto ambiental de la actividad productiva no se traduce necesariamente en mejoras a la calidad de vida para todos y b) diferir los límites de impacto sobre el ambiente, no significa que éstos no se alcanzarán. En consecuencia, será necesario ir más allá del ajuste técnico y abordar aspectos como igualdad de oportunidades, distribución de la riqueza, consumo racional y empoderamiento. Estos temas se relacionan con la organización político-social y la gobernabilidad, así como con el diseño de redes de arreglos institucionales flexibles (Robinson, 2004; Davouidi y Evans, 2004, Brandes, et al., 2005).
- Se reconoce que el reto de construir una sociedad sustentable no es, en lo fundamental, un reto científico o técnico (Meppen y Gill, 1998). Una vez más son al menos dos razones las que apoyan esta afirmación: a) el ser humano se relaciona con la naturaleza desde sus diferentes concepciones filosóficas y morales y, b) la sustentabilidad es un concepto inherentemente normativo, cuyas raíces se encuentran tanto en problemas reales, como en un conjunto muy distinto de valores y juicios morales. De esta manera, si bien una participación activa de la academia se considera como clave para desarrollar el conocimiento, las herramientas y el entrenamiento

necesario para abordar el reto de la sustentabilidad, depende, en última instancia, tanto del comportamiento humano como de la negociación, bajo condiciones de gran contingencia e incertidumbre, sobre los futuros deseados.

- Se reconocen como esencialmente insuficientes o incompletas, a toda aquella solución que de manera aislada pretende abordar los aspectos ambientales, o sociales, o económicos. Esto resulta así debido al menos a dos razones: a) los problemas implícitos en la sustentabilidad son de naturaleza compleja y perversa (Healey, 1998). Es decir, son problemas que no tienen una formulación definitiva, y que no pueden dividirse y resolverse de manera aislada y, b) las reformas continuas a que están sujetos los procesos económicos ocasionan que de manera acelerada las soluciones pierdan efectividad o eficiencia (Brandes, et al., 2005).

Las premisas antes expuestas constituyen la base de un marco teórico sobre sustentabilidad, apoyado fundamentalmente en Gonzáles (2005-2006). Debido a que no es el propósito fundamental de la exposición ni el espacio disponible es suficiente y sólo se señalan algunos postulados del marco teórico, del que conviene señalar que:

- La sustentabilidad es vista como un proceso y no como un fin.
- El cuestionamiento sobre el modelo de desarrollo se base y se evidencia en el progresivo deterioro del medio natural y humano.
- El paradigma de la sustentabilidad ofrece elementos de cuestionamiento sobre lo que el ser humano es y ha sido, respecto de sus estrategias de desarrollo.
- Las escalas no sólo son mundiales, involucran las locales y las regionales cuya relación es múltiple, compleja diversa y sistémica.
- El enfoque tanto para la investigación como para ofrecer alternativas aplicadas es trasdisciplinario.
- Elementos culturales, involucran pautas de pensamiento, creencias profundas y actuación en los niveles personal, comunitario e institucionales deberán ser revisados y revolucionados.
- Una economía próspera está íntimamente ligada a ecología saludable e implica, entre otras, hacer una revisión y modificación de las relaciones de mercado (Gladwing *et al.*, 1995).

Para abordar integralmente el proyecto, se está trabajando en un plan de gestión sustentable en él que se establece el ejercicio de inducción que permitirá integrar el plan y cada uno de los elementos conceptuales mencionados.

ESTRUCTURA DEL PROYECTO

El proyecto se divide en tres etapas; en la primera se trabajó a nivel de laboratorio en el diseño de un sistema de tratamiento sencillo del Nejayote para minimizar la contaminación ambiental y por otro lado, buscar la forma de diversificar el uso de la masa de maíz para hacer productos de alto valor agregado, para el productor desde el punto de vista económico y para el consumidor desde el punto de vista nutricional.

La segunda etapa consiste en probar en un molino tradicional la tecnología desarrollada y probar a nivel operativo la practicidad del desarrollo para que esto pueda servir de muestra a la organización de molineros o a cualquier molinero interesado.

Y en la tercera etapa, se buscará integrar a otras organizaciones de la industria de la masa y la tortilla de otras zonas del DF que se han venido acercando a la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa (UAM-I), para asesorías. Con estos grupos y a partir de su autodiagnóstico, se trabajarán los procesos correspondientes al tratamiento del Nejayote y al desarrollo de nuevos productos de una manera organizativa y sustentable.

¿En dónde se inserta el proyecto?

El proyecto inicia hace 4 años cuando un molinero se acercó a la UAM-I indicando que le habían cerrado su molino y que deseaba asesoría para resolver su problema de contaminación de agua. Ante esta situación y el deseo de la Universidad de vincularse con el entorno de Iztapalapa, surge la idea de que se iniciara un trabajo con los molineros con quienes se hicieran algunas pruebas metodológicas de vinculación, buscando no sólo resolver el problema de un molinero exclusivamente, sino de hacer contacto con otros e inclusive si fuera posible con alguna agrupación de molineros.

Para lograr esto se pensó que habría que acercarnos llevando primero ya avances sobre la solución a un problema que se pensaba era de todos, por lo que se buscó la posibilidad de encontrar una tecnología para el tratamiento del agua de cocimiento del maíz que permitiera llegar con los molineros dándoles una solución a un problema que de entrada se suponía era

de todos y de paso analizar el problema energético que sabíamos que tenían (altos consumos de gas y electricidad) al mismo tiempo que se buscará la manera de entender las formas de organización de este tipo de grupos productivos.

Para llevar a cabo esto, se propuso un proyecto interdivisional en el año 2004 que permitiera contar con algunos recursos y agrupara a los profesores en un proyecto integral.

Bajo este escenario, conocemos al Ing. David Tecotl Crisóstomo dueño de dos molinos y 5 tortillerías (denominada Industrias Cricotl) quien decide apoyar el proyecto permitiendo llevar a cabo en sus molinos todas las mediciones correspondientes y después apoyar con una beca a un estudiante que hiciera la especialidad y desarrollara el proyecto de tratamiento de agua.

Hoy en día se trabaja con 15 molineros independientes y dos organizaciones de molineros (La 23 de febrero que es de Iztapalapa y el Consejo Empresarial de la Industria de la masa y la Tortilla que tiene agremiados de toda la zona metropolitana) con quienes se viene colaborando ya en varias actividades.

RESULTADOS

Se han realizado los estudios de factibilidad de todas las tecnologías de producción registradas a fin de valorar la posibilidad de un cambio tecnológico, llegando a la conclusión de que a pesar de que hay algunas tecnologías que son muy rentables, la tecnología que se emplea actualmente es una tecnología totalmente adaptada y aceptada por la gente y su arraigo impide que se pueda emplear otra tecnología.

Se han realizado los estudios de balances de materia que han permitido calcular el tamaño de los equipos que se van a emplear en el tratamiento de aguas, así como los tiempos de residencia del agua. Se ha avanzado también en la búsqueda de un agente floculante que permita agilizar la precipitación de los sólidos para su mejor preparación, encontrándose que no es necesario emplear ninguno.

A la fecha se sabe que la reacción química que se pretende realizar se está llevando a cabo satisfactoriamente y que se va a lograr la descontaminación del molino en agua, cumpliendo así con la normatividad actual para los molinos y uno de los propósitos del proyecto.

Actualmente se está en la segunda etapa del proyecto en donde se ha logrado instalar en el Molino "El Esfuerzo" en Iztapalapa, el decantador, habiéndose requerido para ello hacer una pequeña obra civil para la recolección del nejayote, y la instalación de tubería para la conexión entre los equipos.



Lo más interesante de esto, es que se logró con un presupuesto muy bajo, tal como se había programado, garantizando esto que cuando se haga la transferencia de la tecnología en forma masiva, se podrá llevar a cabo fácilmente.

Material de tubería	\$3,500
Bomba autocebante	\$3,500
Instalación plomería	\$3,500
Mano de obra albañil	\$4,500
Material	\$300
Sedimentador	\$3,250
Base	\$1,500
Total de la inversión	\$20,050

Aunque este desarrollo aun no está terminado, los ahorros no se hicieron esperar, en este momento se están ahorrando 2000 litros de agua diarios que se usaban en la limpieza y arrastre del maíz de las tinas al molino, pues se está usando el nejayote recolectado para hacerlo y de acuerdo con los balances que se tenían sobre el uso del agua, esa cantidad era la que se gastaba.

El problema que se está ahora resolviendo es el análisis de viabilidad sobre la posibilidad de emplear los sólidos que se están separando del nejayote para usarlos en la producción de alimento, con datos muy alentadores para su utilización, en este momento se están realizando las pruebas sensoriales y microbiológicas para producir en serie el alimento.

En otra línea de investigación se está trabajando en la elaboración de un producto fermentado de maíz nixtamalizado tipo yogurt. Este proyecto parte de la hipótesis de que México es un país en donde la mayoría de su población no puede invertir en productos perecederos de alto valor nutritivo, como la leche o el yogurt; esto fundamentalmente debido al bajo poder adquisitivo que se tiene. Por otro lado, hay que considerar que las familias de México por lo general son grandes y generalmente tienen niños o personas de la tercera edad. Con este desarrollo se pretende hacer un alimento alternativo que pueda ser integrado

a la dieta mexicana, promoviendo con ello una mejor nutrición a precio accesible y con buena aceptación, ya que existe gusto por los productos fermentados y por el maíz en todos los niveles socioeconómicos.

Algunos productos fermentados tradicionales han sido conservados hasta la fecha, pero su comercialización es local, por lo que no se conocen masivamente y no se ha considerado su valiosa aportación a la dieta. Aún más, las nuevas generaciones tienden a sustituirlos por alimentos procesados de bajo valor nutritivo, o por modas extranjeras. El producto desarrollado es un alimento que tiene la característica que se puede elaborar con masa nixtamalizada de las mismas características que la que se usa para elaborar la tortilla pero que es sometida a una fermentación sólida empleando para ello microorganismos con capacidad probiótica que le dan al producto un valor agregado muy deseable para el consumidor. Este producto se tiene ya a nivel laboratorio, sin embargo todavía no pasa a nivel piloto pues no hay molinero interesado en llevarlo a cabo.

En el tema del uso de la energía en molinos y tortillerías se ha realizado un análisis amplio de los energéticos empleados en el proceso de nixtamalización, así como de las tecnologías empleadas. Se han recomendado acciones enfocadas hacia el uso más eficiente de los combustibles, como el aislamiento térmico de los recipientes y tuberías, o el cambio de sistemas de combustión. En energía eléctrica se han analizado las tarifas contratadas, los tipos de motores empleados, y se han hecho las recomendaciones pertinentes

Un avance notable es el del grupo de antropología, quien a realizado entrevistas prediseñadas, encuestas cerradas y estudios de caso. Con estos datos se está elaborando una tipología de unidades de producción que considere, al menos, los siguientes aspectos: : a) las redes de abasto de materia prima e insumos básicos; b) el encadenamiento del proceso productivo en todas sus fases—producción, distribución, cambio y consumo—; c) las condiciones técnicas de producción y su impacto ambiental; d) los canales de venta del producto final; e) la demanda local y las relaciones (económicas, sociales, vecinales,..., etc.) que se desarrollan entre los molinos y su entorno social; e) el acceso a fuentes de financiamiento privado y/o gubernamental y f) los niveles de rentabilidad y eficiencia económica de los molinos.

Se ha logrado también una integración importante en los equipos de trabajo a través de las reuniones y las salidas a campo, actualmente se participa en reuniones con dos grupos de molineros de Iztapalapa y gracias a las diversas vocaciones del grupo se han detectado nuevos proyectos a desarrollar e incluso algunos servicios de asesoría que requieren los molineros, lo cual va afianzando la metodología que debe derivarse de este estudio para lograr una forma de vinculación con la comunidad de Iztapalapa, integrando los aspectos técnicos, socio-económicos, ambientales y productivos.

CONCLUSIONES

La relación de vinculación entre la Universidad y la comunidad de Iztapalapa no es una tarea sencilla, la experiencia que se tiene con los molineros es que ellos van a relacionarse con la UAM en la medida que ésta les ofrezca una solución a sus problemas inmediatos, esto básicamente porque las PYMES son un tipo de empresas muy especiales, que lo mismo sirven para hacer negocio que para sobrevivir, que lo mismo emplean a gente externa para trabajar que a su propia familia, porque necesitan que los apoye alguien de confianza o porque alguno de los miembros de la familia necesita ayuda.

En términos generales el tamaño de las PYMES no les permite tener gente de planeación, por lo que lo que los mantiene muy ocupados son los problemas del día a día y son muy pocos los que piensan en acciones a futuro o en prepararse para afrontar los cambios tecnológicos o de mercado que se están viviendo.

Por estas razones lo que se observa en esta relación es que a los molineros el problema que les interesó resolver fue el de la energía, esto debido a que cualquier cosa que hagan les redunde en beneficios económicos inmediatos. El segundo problema que les interesó fue el del tratamiento del agua del Nejayote, el cual en este momento no es problema, pero saben que la legislación existe y que en cualquier momento la pueden aplicar. El tercer proyecto que se les presentó fue el del yogurt, esto no les interesó en lo absoluto a pesar de ser un proyecto estratégico de sobrevivencia y que les dejaría más del doble de lo que les deja la tortilla.

De esta forma vale la pena resaltar que las tecnologías aquí presentadas están siendo probadas por los propios molineros y que cada día son más los interesados en participar con la UAM en diversas actividades tanto académicas como de asesoría.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Bressani, R. 1990. Chemistry, technology and nutritive value of maize tortillas. *Foods Rev. Int.*, 62: 225.
2. Serna-Saldívar, S.O., Gómez, M.H. & Rooney, L.W. 1990. The technology, chemistry and nutritional value of alkaline cooked corn products. In Y. Pomeranz, ed. *Advances of cereal science and technology*, vol. 10. St Paul, MN, USA, American Association of Cereal Chemists.
3. Metodología para dar asistencia técnica a las pequeñas y medianas empresas (pymes).
4. http://redescolar.ilce.edu.mx/redescolar/act_permanentes/conciencia/biologia/acertijos_biológicos/acertijos00-01/solucion17.htm
5. <http://maiztortilla.com/es/introduccion/limitantes.htm>
6. Fair Maskew Gordon et.al. Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales. Editorial Limusa. México 1996.