

INTRODUCCIÓN

Las condiciones socioeconómicas presentes en los países de Latinoamérica y el Caribe (LAC), hacen que la población sea cada vez más vulnerable a los efectos de la pobreza. Por consiguiente, los problemas de salud pública y nutricional se agudizan y con el paso del tiempo tienen mayor impacto sobre la sociedad. Sin duda, a raíz de esta situación, son los niños quienes corren el mayor riesgo de sufrir enfermedades, morir prematuramente o sufrir deterioro de su capacidad cognoscitiva. Como consecuencia de los efectos de la pobreza, crecen los problemas de índole nutricional. Es por tal razón que la búsqueda de los medios más eficaces para lograr que las comunidades menos favorecidas mejoren su dieta alimenticia y nutricional, cobra cada vez más importancia. No obstante, existe una visión positiva por parte algunas autoridades en la región que arguyen una leve disminución de la pobreza. Es el caso de las CEPAL (2008), quien dice:

Se estima que en 2008 las economías de la región alcanzarán un crecimiento del 4,7%. Aunque esta cifra marca un retroceso respecto del 5,7% registrado en 2007, representa la continuidad por sexto año consecutivo de un ritmo de crecimiento del PIB per cápita superior al 3%, hecho inédito al menos durante los últimos 40 años. Ese crecimiento sostenido se ha traducido en una reducción de las tasas de desocupación y en una mayor participación en el total del trabajo asalariado, es decir, aquel sujeto de protección social. Este hecho, junto con el crecimiento económico y el aumento de los ingresos no salariales, contribuyeron a reducir la pobreza más de 9 puntos porcentuales respecto de 2002, si bien en términos absolutos este flagelo sigue afectando a 190 millones de personas, o sea más del 35% de la población.

Aun con esta visión un tanto positiva, se hacen necesarias algunas medidas que atenúen la preocupante situación de desnutrición presente en LAC, generada como consecuencia de los históricos y altos niveles de pobreza predominantes en la región. Para el logro de dicho objetivo, aparece la estrategia de la biofortificación de cultivos como una alternativa, que según Nestel et al. (2006), consiste en: “aplicar técnicas de fitomejoramiento que aprovechen la variabilidad existente en las diferentes variedades de las especies cultivadas respecto a su contenido de nutrientes, para aumentar el nivel de éstos en los cultivos”. En términos generales, lo que busca la biofortificación en Latinoamérica y El Caribe (LAC), es mejorar los niveles nutricionales de los sectores más pobres de la población.

Es precisamente AgroSalud la entidad que abandera los programas de biofortificación de cultivos en LAC. AgroSalud trabaja en el mejoramiento del contenido nutricional y las características agronómicas de los cultivos que son importantes en esta parte del continente. Su objetivo es aumentar el contenido de hierro y zinc en el arroz (*Oriza sativa* L.), el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), el maíz (*Zea mayz* L.), la batata (*Ipomea batatas* (L.) y la yuca (*Manihot sculenta* C.); el de triptófano y lisina (precursores de proteína) en el maíz; y el de beta-caroteno (precursor de vitamina A) en la batata, la yuca y el maíz. Vale la pena aclarar que la biofortificación de yuca

no es una de las líneas de enfoque de AgroSalud, sin embargo, en la actualidad el consorcio realiza trabajos de pos-cosecha relacionados con dicho cultivo, y lo que esperan a futuro, es precisamente incluir el cultivo como una de las líneas de enfoque del proyecto.

La biofortificación se convierte en una poderosa herramienta para combatir la desnutrición en las bases mismas de la población que más lo necesita, pues además de ser un proceso natural de mejoramiento nutricional, involucra los cultivos de producción y consumo más comunes en LAC. Pero para entender mejor la situación que vive actualmente una gran proporción de la población en el mundo frente a la falta de los nutrientes básicos, principalmente sobre las mujeres y niños, es conveniente conocer lo que opinan algunos autores. Para empezar, Johns y Eyzaguirre (2006) dicen lo siguiente:

El déficit alimentario y una dieta poco diversificada dentro de un contexto de pobreza, caracterizan la dieta de las personas desnutridas. El aumento en productividad y accesibilidad de los alimentos nutritivos ofrecen la clave para atacar el hambre, la pobreza y mejorar el estado de salud de los pobres en los países menos desarrollados donde viven más de 800 millones de personas desnutridas en el mundo.

Por su parte, HavestPlus (2004) también se refiere al tema de la desnutrición en el mundo y afirma que:

Más de 840 millones de personas no consumen el alimento suficiente para generar la cantidad básica de energía que necesitan cada día. Una población muchísimo más grande—unos 3 mil millones— sufren los efectos ocultos de la deficiencia de micronutrientes porque no tienen dinero para comprar carne roja, pollo, pescado, frutas, leguminosas y hortalizas en cantidades suficientes. Las mujeres y los niños de África al Sur del Sahara, de Asia Meridional, del Sudeste Asiático, y de América Latina y el Caribe son los que corren un mayor riesgo de padecer enfermedades, muerte prematura y deterioro de su capacidad cognoscitiva, porque su régimen alimenticio es deficiente en micronutrientes esenciales—especialmente en hierro, vitamina A, yodo y zinc.

Entendiendo esta preocupante situación, es como se aprecia que la biofortificación de cultivos se está levantando como una estrategia para disminuir la deficiencia de nutrientes a través de los alimentos, de forma sostenible y enfocada en los pobres. Es un estrategia que puede contribuir a un cambio duradero y perdurable en la región, pues como es bien sabido por todos, la falta de compromiso y efectividad en la ejecución de planes por parte de los gobiernos que componen la región, han permitido que la situación deprimente de pobreza que predomina en la región no presente cambios. En otras palabras, los programas, proyectos y políticas abanderados por nuestros gobernantes no han sido eficaces. La biofortificación podría convertirse en el elemento clave para ayudar a cambiar la situación en la región.

En términos generales, el objetivo de este trabajo es identificar preliminarmente los sitios candidatos para la biofortificación de cultivos en nueve países de LAC, a nombrar: Bolivia, Brasil, Colombia, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua y Perú. Dicha selección de países, se realizó a partir de datos recolectados de las encuestas de salud y de algunos los censos agrícolas y de población y vivienda consultados, los cuales aportaron la información necesaria para la realización del análisis. Desafortunadamente, no existe uniformidad en las bases de datos de todos los países de LAC, por tanto, no pudieron ser incluidos más países en este estudio.

En términos más específicos, se pretende combinar variables nutricionales, agrícolas y socioeconómicas en un sistema de información geográfica (SIG) y realizar un análisis espacial que permita identificar en cada país involucrado en el estudio, los sitios donde convergen las prevalencias altas a los riegos nutricionales, las áreas donde más se producen y consumen los cultivos prioritarios para AgroSalud y los lugares donde la intensidad de pobreza es más crítica y la densidad de población rural más alta. Este documento se convierte entonces, en un análisis preliminar que muestra la convergencia entre las variables de mayor importancia a la hora de decidir dónde se debe intervenir con estrategias de biofortificación de cultivos.

Para terminar, lo que muestra este análisis es la identificación de sitios candidatos para la biofortificación de cultivos en algunos países de LAC. Para efectos de esta presentación y debido a la extensión del análisis, sólo se muestran en este documento los resultados para Colombia y Bolivia. Se espera que en una etapa posterior a este análisis, estos resultados sean revisados por expertos en cada uno de los países involucrados aquí, para posteriormente realizar las correcciones y ajustes correspondientes a los resultados iniciales.

MARCO TEÓRICO

Para tener un mejor panorama de la situación nutricional de LAC, se recogen algunas visiones de diferentes autores y entidades, que exponen sus observaciones sobre la situación actual de pobreza y necesidades nutricionales en esta parte del continente. Por ejemplo, la UNICEF (año) afirma lo siguiente:

Los promedios regionales relacionados con la supervivencia, la salud y la nutrición en la primera infancia son en general alentadores. De todas las regiones en desarrollo, en América Latina y el Caribe se registran las tasas agregadas de mortalidad de menores de cinco años más bajas, así como tasas moderadas de emaciación y bajo peso al nacer; los niveles de inmunización y la presencia de parteras capacitadas en los partos son de los más elevados. Pero como ocurre con todas las estadísticas generales, estos agregados ocultan amplias disparidades entre los países y dentro de ellos. Aunque la región en su conjunto produce tres veces más alimentos de lo que necesita la población, aproximadamente uno de cada seis niños o niñas sufre retraso en el crecimiento (definido como cortedad de talla con respecto a la cohorte de edades). En América Latina y el Caribe se presentan las mayores disparidades entre los ricos y los pobres, y los niños y niñas que viven en los hogares más pobres tienen casi cuatro veces más posibilidades de sufrir bajo peso que los niños y niñas de los hogares más ricos, en comparación con el coeficiente mundial entre pobres y ricos de dos a uno.

Por su parte, Mahoko Kamatsuchi (2003) dice al respecto:

La nutrición se está convirtiendo en un tema de preocupación en la región. El deterioro de la situación socioeconómica en los países de América Latina y el Caribe (ALC), así como la mayor vulnerabilidad a desastres naturales o conflictos creados por el hombre, están teniendo un impacto negativo en grupos de población en toda la región, particularmente en los más pobres y aquellos que viven en áreas remotas. Actualmente vemos mucho cubrimiento de los medios referente a niños que sufren debido a desnutrición severa, como en Guatemala, Ecuador, Nicaragua, y aun en Argentina, que era uno de los países económicamente más estables en la región. Salieron a la luz casos de desnutrición aguda que dejaron al descubierto la punta de un témpano - un problema crónico de desnutrición, prolongado y persistente, los síntomas del cual se revelan en retrasos en el crecimiento o cortedad de talla (denominada desnutrición crónica o “stunting”) comparado con niños o adultos de su edad.

Tal y como lo indican la UNICEF y Kamatsuchi, el estado nutricional de la población en LAC no es el mejor. Por el contrario, afirman la existencia de graves problemas de desnutrición en niños, los cuales aumentarían si no se toman medidas necesarias al respecto. Como bien lo afirma la UNICEF, las estadísticas indican tasas bajas de mortalidad en menores de cinco años, pero

éstas son cifras mundiales. Se compara por ejemplo LAC con el Sur del Sahara, el Asia Meridional y el Sureste Asiático, obviamente la región tiende a presentar números más bajos respecto de estos otros lugares. La forma de identificar los problemas es observando al interior de cada país, realizando una mirada personalizada que permita conocer realmente la situación de la región Latinoamericana y Caribeña.

Pero entonces vale la pena hacer un poco de énfasis en lo que significan las necesidades humanas, y acercarse al significado de pobreza, para así mismo entender la situación y tener un abanico de posibilidades que puedan ser utilizadas para abordar el tema y buscar posibles soluciones. Para esto, existen algunas posturas que explican el significado de las necesidades humanas y hasta qué punto pueden éstas calificar a un grupo humano como pobre o no pobre; es decir, hasta qué punto dicho calificativo puede llegar a ser cierto.

Siguiendo la misma línea, Max-Neef (1996) expresa lo siguiente respecto de las necesidades humanas:

Se ha creído, tradicionalmente, que las necesidades humanas tienden a ser infinitas; que cambian constantemente, que varían de una cultura a otra y que son diferentes en cada período histórico. Nos parece que tales suposiciones son incorrectas, ya que son producto de un error conceptual. El típico error que se comete en los análisis acerca de las necesidades humanas es que no se explica la diferencia esencial entre las que son propiamente necesidades y los satisfactores de esas necesidades. Es indispensable hacer una distinción entre ambos conceptos por motivos tanto epistemológicos como metodológicos. La persona es un ser de necesidades múltiples e interdependientes. Las necesidades humanas deben entenderse como un sistema en el que ellas se interrelacionan interactúan.5. Precisamente, el tema de las necesidades humanas se encuentra fuertemente ligado con la pobreza. De allí que sea importante entender el significado del término pobreza, el cual siempre se ha ligado a la falta de recursos económicos y al reducido número de necesidades básicas que se satisfacen en una familia, claro está, estas necesidades básicas dentro de un marco general, sin hacer distinción de clase social. Esta concepción de pobreza es diferente, pues se soporta en la idea de que se es pobre cuando no existe forma de cumplir con las necesidades básicas que, según los hábitos culturales de una comunidad, son indispensables. En otras palabras, se percibe la pobreza desde una perspectiva cultural, la cual no se relaciona directamente con la pobreza material.

Esta mirada la expone Vandana (2004) de la siguiente manera:

Se percibe a la gente como pobre si comen mijo (cultivado por la mujeres) en lugar de la comida basura procesada que es producida y distribuida de forma mercantil por los agronegocios globales. Se les ve como pobres si viven en viviendas hechas por ellos mismos a partir de materiales ecológicos como el bambú y el barro en lugar de hacerlo en casas de cemento. Se les ve como pobres

si llevan ropa hecha a mano a partir de fibras naturales en vez de sintéticas. La subsistencia percibida culturalmente como pobreza no implica necesariamente una baja calidad de vida física. Por el contrario, porque las economías de subsistencia contribuyen al crecimiento de la economía de la naturaleza y de la economía social, aseguran una elevada calidad de vida en términos de alimentos y agua. Sostenibilidad de los medios de vida, y una robusta identidad y significado social y cultural. Y la pobreza económica es sólo una de las formas de la pobreza. La pobreza cultural, la pobreza social, la pobreza ética, la pobreza ecológica, la pobreza espiritual, son otras formas de pobreza con mayor prevalencia en el así denominado rico Norte, que en el Sur, denominado pobre.

La definición de pobreza expresada por Vandana, pone en evidencia que en muchas ocasiones, a quienes consideramos pobres en realidad no lo son, esto desde el punto de vista cultural, pues ellos mismos no se incluyen dentro de esta categoría. En este punto de la discusión, es pertinente hacer un pequeño recuento de lo que se lleva hasta el momento. Precisamente ahora, cuando se ha hablado un poco de la grave situación nutricional por la que atraviesan las poblaciones menos favorecidas de LAC, y además, cuando se ha presentado de alguna forma el tema de las necesidades humanas y cómo éstas no están necesariamente relacionadas con la pobreza, sino que también dependen de otros factores tales como la cultura. Es momento entonces de visualizar posibles soluciones al problema nutricional, de allí que a continuación sean expuestos algunos postulados que hacen referencia a la estrategia de la biofortificación de cultivos con el propósito de entender sus bondades y conocer las posibilidades de aplicarla en LAC.

Referente a este tema Welch (2002), afirma que:

Los alimentos básicos enriquecidos con micronutrientes, ya sea a través de métodos de fitomejoramiento o por medio de técnicas de biología molecular, son poderosas herramientas de intervención que se dirigen a la población más vulnerable (principalmente mujeres, lactantes y niños pobres). Estas herramientas deberían ser completamente explotadas por las instituciones de nutrición y de salud pública presentes en las comunidades, para combatir la desnutrición derivada de la carencia de micronutrientes. Biofortificando cultivos que alimenten a los pobres del mundo puede mejorar significativamente el consumo micronutrientes en la población identificada.

El párrafo anterior alude a las instituciones encargadas de la salud, a que tomen medidas que conlleven al mejoramiento de la dieta de los más necesitados en el mundo. Habla directamente de cómo por medio de estrategias de mejoramiento natural como fitomejoramiento genético y por medio de otras técnicas de mejoramiento como biología molecular, se puede lograr que las dietas alimenticias sean más diversificadas y logren afectar positivamente en la población desnutrida, la cual involucra principalmente a las mujeres y los niños pobres. Por su parte, Graham et al., (2004), afirma que “la biofortificación de cultivos básicos con micronutrientes para cualquier cultivo, cuyo propósito sea lograr una mayor eficiencia en la absorción de

nutrientes, puede ser una efectiva estrategia para hacer frente a la deficiencia nutricional en la dieta de las poblaciones humanas”. Esta es otra afirmación que le da peso a la utilización de estrategias de mejoramiento de cultivos como la biofortificación, con el fin último de combatir los problemas nutricionales prevalentes hoy día en el mundo y que tienen gran incidencia en los países de LAC.

Lo que se desarrolla en este trabajo, es un análisis espacial para identificar sitios aptos en los que se pueda intervenir con la estrategia de biofortificación cultivos en nueve países de LAC involucrados en este estudio. La biofortificación de cultivos es planteada como una estrategia para disminuir la deficiencia por nutrientes a través de los alimentos, de forma sostenible y enfocada en los pobres. Este análisis espacial ha sido realizado con la ayuda de un sistema de información geográfica (SIG), el cual se convierte en una herramienta para analizar las condiciones donde es realmente propicio intervenir y propender por mejorar las condiciones de vida de la población que más lo necesita en LAC. Se puede hablar de la utilización del SIG como una herramienta para abordar la problemática nutricional que agobia esta parte del continente.

Como lo afirma De Piertri et al. (2008):

La aplicación de un sistema de información geográfica como técnica para analizar la situación de salud y las condiciones de vida de una localidad determinada, presenta poca sistematización en el proceso de gestión de riesgo. No obstante, con la utilización de estrategias de información y comunicación apropiadas, este tipo de sistemas pueden resultar de gran utilidad, particularmente en regiones vulnerables.

Queda de manifiesto entonces, que la utilización de un SIG es de gran utilidad en la tarea de identificar problemáticas sociales, para más tarde enfocar esfuerzos que contribuyan a la eliminación de los problemas. No obstante, los resultados de los análisis realizados con un SIG, son resultados parciales, pues muchas veces la falta de información no permite tener todas las variables necesarias para realizar estudios más efectivos. No queriendo decir con esto, que no son fiables los resultados del análisis espacial, por el contrario, se quiere decir que de tener acceso a la información necesaria, un SIG sería una herramienta mucho más poderosa en la tarea de la toma de decisiones.

El análisis espacial realizado en este estudio, se basó en la superposición ponderada de algunas variables. Éstas fueron consideradas las más importantes para identificar sitios candidatos para la biofortificación de cultivos. Para entender del proceso de superposición ponderada, lo más conveniente es remontarse a los orígenes del método. Éste fue introducido por el arquitecto paisajista Ian McHarg¹, quien explicó el proceso utilizando un juego de cinco transparencias, cada una de ellas representando un mapa con un criterio e importancia diferente. Si por ejemplo, se

¹ Longley, P.A. (2001)

quiere conocer la mejor ubicación de una línea de cableado eléctrico a través de un condado, las transparencias que representen usos de la tierra, por ejemplo, serán oscuras. Cuando las transparencias se superponen y se les proyecta luz desde abajo, las zonas donde más penetre más la luz serán las más aptas para localizar la línea de cableado eléctrico. Es un proceso que se puede poner en práctica fácilmente, y se hace más riguroso y objetivo en un sistema de información geográfica.

La explicación de cómo se utilizó el método de la superposición ponderada para la identificación de los sitios candidatos en los nueve países de LAC anteriormente nombrados, se realizará en más detalle en la metodología. De otro lado, es claro que en la actualidad, muchas instituciones a nivel mundial están realizando estudios espaciales referentes al seguimiento de la pobreza y la seguridad alimentaria y nutricional. Estos trabajos están siendo realizados para identificar espacialmente los sectores de la población que necesitan urgente atención. En este espacio, nombraremos algunas de las instituciones que han desarrollado proyecto en LAC.

Es conveniente entonces, empezar por nombrar a la Organización Panamericana de la Salud (2001); que realizó un trabajo llamado *Atlas de Indicadores Básicos de Salud*, su propósito fue identificar y destacar tanto las desigualdades como las inequidades presentes en esta parte del continente y propender por reducirlas. Otra institución que ha trabajado en este tema es CIESIN (2004) con su trabajo *Global Distribution of Poverty*. Su propósito fue ampliar el entendimiento actual de la distribución de la pobreza y las condiciones geográficas y biofísicas donde vive la gente pobre. Siguiendo la misma línea, debe nombrarse otra de las instituciones que ha trabajado en análisis espacial de la pobreza y el hambre en LAC, ésta es ESRI (2007), que realizó un análisis que consistió en cartografiar el hambre con un sistema de información geográfica (SIG). El trabajo lleva como título *Analyzing Distribution of Malnourished Children in Panama, Ecuador, and the Dominican Republic* y su propósito fue reducir la pobreza y el hambre en estos países.

Esta ha sido de manera general, una pequeña contextualización del tema que se abarca en este trabajo. En un principio, se empezó por hablar de la situación nutricional y de pobreza por la que atraviesa el mundo, pero haciendo énfasis en los países latinoamericanos y caribeños, esto fue llevado de la mano por afirmaciones de algunos autores importantes que han realizado numerosos trabajos en el ámbito de las necesidades humanas y la pobreza. En un segundo momento, se habló de la utilización de la estrategia de la biofortificación de cultivos como medio óptimo para afectar positivamente las vidas de las personas más pobres de nuestra parte del continente. Finalmente, se realizaron algunas alusiones sobre trabajos que involucraron análisis espacial y cuyo accionar contribuyó positivamente, en tiempos recientes, a la identificación de sectores de la población más necesitados. Es momento ahora de empezar con el desarrollo de este trabajo; es el momento de evaluar la utilidad del análisis espacial para la biofortificación de cultivos en estos nueve países de Latinoamérica y el Caribe.

METODOLOGÍA

El análisis espacial para la identificación de los sitios candidatos a la biofortificación de cultivos en Latinoamérica y el Caribe, se realizó bajo un proceso de superposición ponderada de variables. Estas variables fueron: indicadores de estado nutricional como riesgo a la deficiencia de hierro según hemoglobina < 11 g/dL y riesgo a la deficiencia de nutrientes según talla para la edad < -2 desviaciones estándar (DE) en menores de cinco años (MACRO, 2007; FAO, 2006), donde los niveles (por ejemplo: bajo, moderado, alto) fueron determinados según la revisión de literatura (Vesga et al., 2007). También se incluyeron las variables consumo de cultivos per cápita (LSMS, 2007), área cosechada en hectáreas de frijón, arroz, maíz, yuca y batata (You and Wood, 2006), intensidad de pobreza (Schuschny y Gallopín, 2004) y densidad de población rural (CIESIN, 2004.). Como se mencionó anteriormente, el análisis se basó en un proceso de *superposición ponderada*, para el cual fue necesario convertir las variables a un mismo formato espacial, en éste caso, lo más apropiado fue utilizar el formato raster, cuya característica es desplegar la información en forma de grillas, las cuales a su vez están conformadas por píxeles o celdas de igual tamaño. Debido a que la información de producción de cultivos y densidad de población rural se encontraba previamente en formato raster, únicamente fue necesario pasar los datos de las variables de estado nutricional, consumo de cultivos e intensidad de pobreza, esto fue de formato vectorial (*shapefile*) a raster, utilizando el tamaño de celda de la grilla de área cosechada (10 km). Una vez toda la información quedó en el mismo formato espacial, las categorías de las variables fueron reclasificadas en una escala común. En este caso, la escala tomó valores entre uno y nueve. Esta clasificación no obedeció a ningún trabajo o experiencia previa, el criterio utilizado para definir la nueva clasificación tuvo que ver con que nueve clases permitían una distribución homogénea de los datos. De esta forma, cada clase acogió un número de datos razonable.

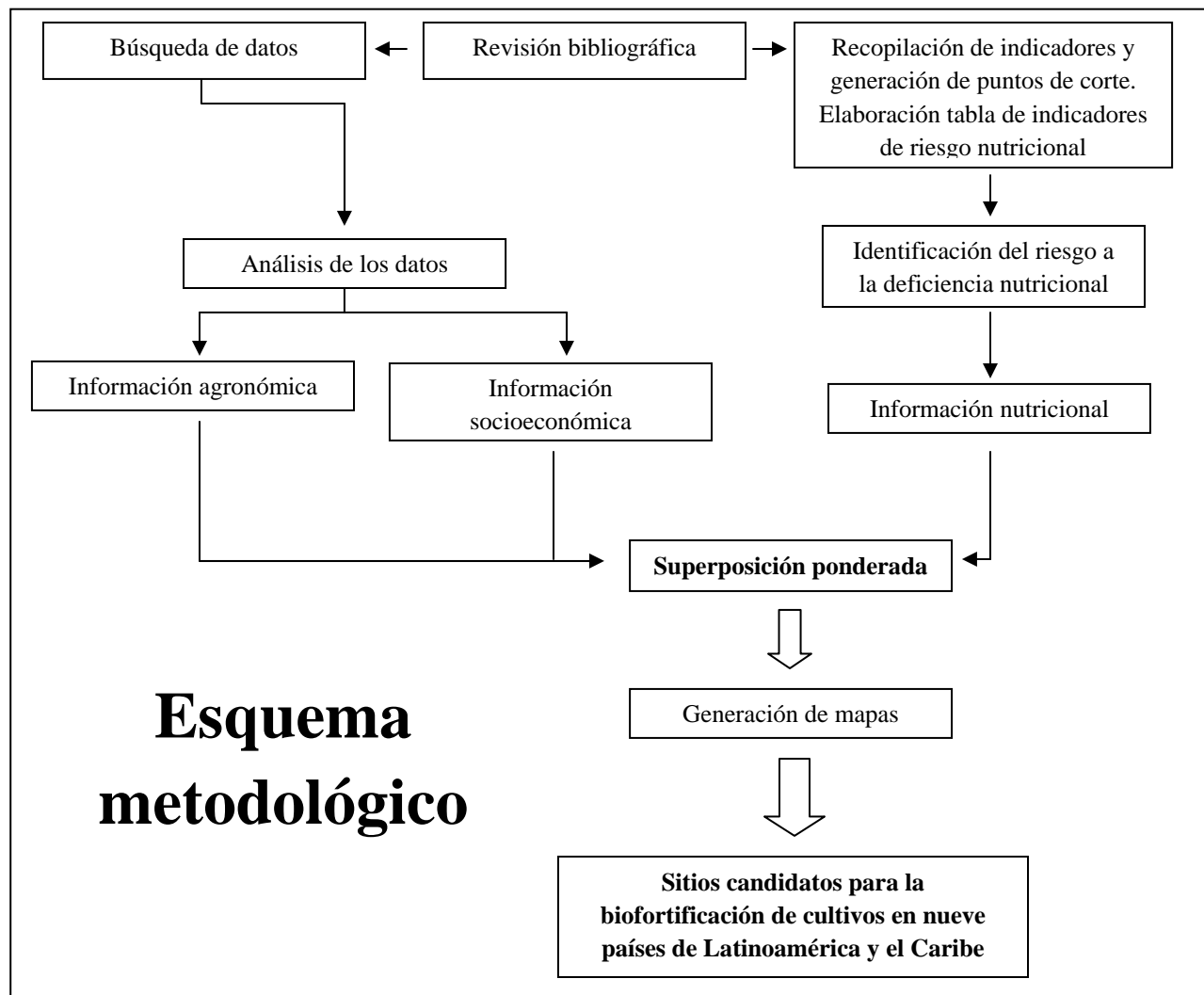
Posteriormente, utilizando la función *weighted overlay*², se realizó la superposición ponderada de las variables. Este proceso se hizo introduciendo cada una de las variables ya reclasificadas en el cuadro de análisis de la función. Un ejemplo de cómo funciona el proceso de superposición ponderada es el siguiente: las variables deficiencia nutricional, producción de frijón, intensidad de pobreza y densidad de población rural, fueron reclasificadas en una escala de números enteros. Cada cuadro en el mapa digital representa una celda en el mapa de la respectiva variable (una celda o píxel es una parte de la información contenida en cada mapa) (figura 2).

Paso siguiente, se asignó un porcentaje de influencia o peso a cada una de las variables: deficiencia nutricional 30%, producción de frijón 30%, intensidad de pobreza 20% y densidad de población rural 20%. Para el Brasil, Guatemala y Nicaragua la ponderación fue diferente, las variables producción de cultivos y las deficiencias nutricionales se mantuvieron cada una con un 30% de influencia, pero las demás; consumo del cultivos, intensidad de pobreza y densidad de

² Tanto *weighted overlay* como *majority filter*, son funciones del software antes mencionado: ArcGIS 9.2

población rural, se repartieron el otro 40%, quedando 14%, 13% y 13% respectivamente¹⁶. Paso siguiente, se multiplicó el valor de cada píxel por el porcentaje de influencia de la variable correspondiente. Para ejemplificar el proceso, se tomaron los valores encerrados en el recuadro rojo de cada uno de los mapas: $(1 * 0,30) = 0,3$; $(1 * 0,30) = 0,3$; $(3 * 0,20) = 0,6$; $(2 * 0,20) = 0,4$. La suma de las ponderaciones fue 1,6, entonces se redondeó el resultado y se obtuvo una celda de salida con valor de 2.

Figura 1. Esquema metodológico



Para llegar a la identificación de los sitios candidatos para la biofortificación de cultivos, fue necesario pasar por todo un proceso de búsqueda, procesamiento, selección y organización de la información. El primero paso consistió en la revisión bibliográfica. En este punto, fueron revisadas algunas bases de datos de carácter agronómico, socioeconómico y nutricional. Una vez seleccionada y organizada la información se procedió a realizar la superposición ponderada que resultó en la generación de los mapas de sitios candidatos para los nueve países involucrados en este estudio.

La siguiente tabla expone las diferentes ponderaciones que se dieron a cada variable según el país:

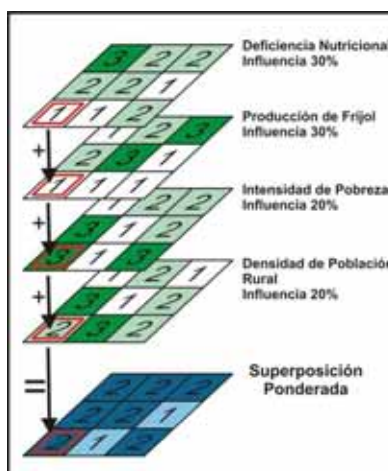
Tabla 1. Ponderación de variables por país

Variable País	Bolivia	Colombia
Deficiencia nutricional*	30%	30%
Producción de cultivo	30%	30%
Intensidad de pobreza	20%	20%
Densidad Pob. Rural	20%	20%

*Esta puede ser riesgo a la deficiencia nutricional según hierro, o bien, deficiencia nutricional según talla para la edad. Hay países con los dos tipos de deficiencia, por lo cual se realiza un proceso para cada una. Así, al final se obtienen dos tipos de sitios candidatos, unos para la biofortificación de cultivos según deficiencias de hierro y otros para la biofortificación de cultivos según talla para la edad.

La razón por la cual se asignó una mayor ponderación a las variables deficiencia nutricional y producción de cultivos, es por la consideración de que éstas son prioritarias al momento de elegir un lugar como sitio candidato para la biofortificación de cultivos. En otras palabras, se prioriza el peso de la deficiencia nutricional y la producción de cultivos a la hora de identificar un sitio candidato, debido a que el factor a satisfacer principalmente es el hallazgo de lugares donde existan altos niveles de deficiencia nutricional e importantes niveles de producción de un cultivo determinado. Las variables consumo de cultivos, intensidad de pobreza y densidad de población rural, ayudan a identificar lugares críticos dentro de las zonas donde convergen los valores altos de deficiencias nutricionales y producción de cultivos.

Figura 2. Proceso de superposición ponderada



Fuente: elaboración propia, 2007

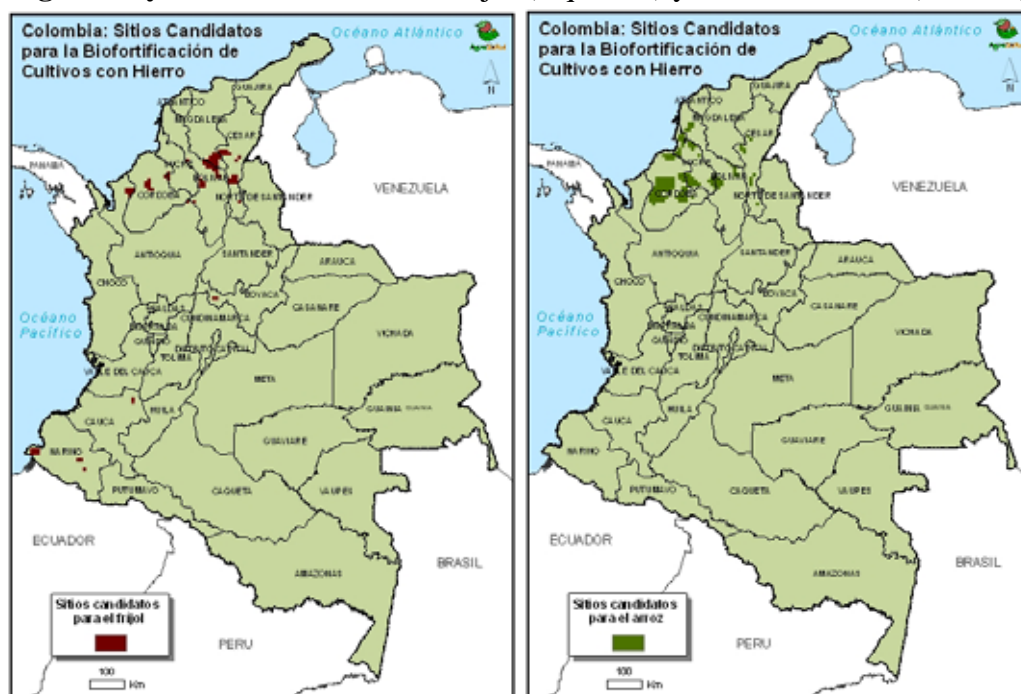
El resultado del proceso de superposición fue un mapa de sitios candidatos para la biofortificación de cultivos, donde las combinaciones de las categorías más altas fueron consideradas como los lugares propicios para promover variedades biofortificadas. En este caso se tomaron las dos últimas categorías de la clasificación resultante. Un ejemplo de este proceso es el siguiente: si un mapa resultante de la superposición ponderada arroja una clasificación de ocho categorías, entonces, aquellas que serán tomadas en cuenta como sitios candidatos son las categorías siete y ocho, pues dentro de ellas se ubican las combinaciones que contienen las categorías más altas para el conjunto de variables presentes en cada país. Una vez obtenido el mapa con los sitios candidatos, se aplicó un filtro a los datos, pues en ciertos casos, algunas celdas tuvieron una distribución espacial muy dispersa. Para dicho proceso se utilizó la función de generalización de ArcGIS 9.2 llamada *majority filter*, la cual permitió establecer los lugares donde existía alta concentración de píxeles. El proceso estableció áreas cuyos límites pudieron ser bien identificados y eliminó aquellos píxeles que se encontraban dispersos o alejados, evitando así la dispersión de los datos y futuros errores en el análisis. El mapa resultante de este último proceso indicó los sitios con las características apropiadas para aplicar las estrategias de biofortificación de cultivos.

IDENTIFICACIÓN DE SITIOS CANDIDATOS PARA LA BIOFORTIFICACIÓN DE CULTIVOS EN COLOMBIA³

Fríjol biofortificado con hierro: los sitios candidatos para la biofortificación de frijol con hierro en Colombia tal y como se presentan en la figura 3, se concentran principalmente en el norte del país, sobre los departamentos de Antioquia, Córdoba, Bolívar, Magdalena y Cesar. No obstante, también se observan otros sitios hacia el centro y suroccidente del país, sobre los departamentos de Boyacá, Cauca y Nariño respectivamente.

Arroz biofortificado con hierro: en la figura 4, se identifican claramente los departamentos de Córdoba, Sucre, Bolívar y Cesar, ubicados al norte del país, como los únicos con las condiciones adecuadas para ser intervenidos con estrategias de biofortificadas de arroz con hierro en Colombia.

Figuras 3 y 4. Biofortificación de frijol (izquierda) y arroz con hierro (derecha)



Fuente: elaboración propia, 2007

Maíz biofortificado con hierro: los sitios candidatos para la biofortificación de maíz con hierro, se localizan entre el norte y el sur del país, como lo ilustra la figura 5. Al norte se encuentran los

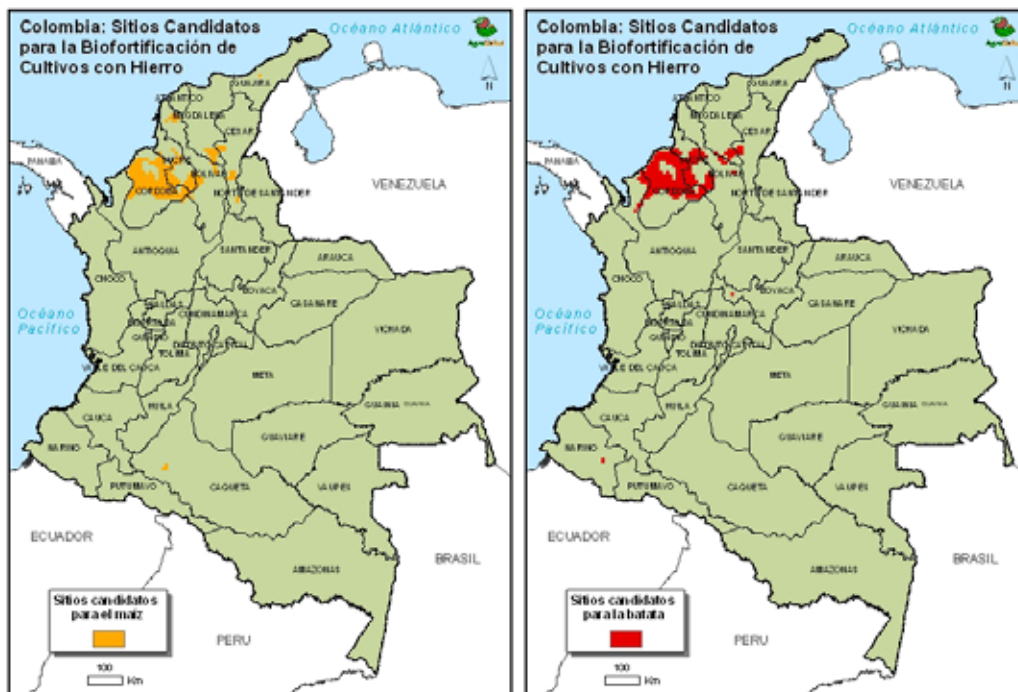
³ Los mapas presentes en este documento han sido tomados de la galería de mapas AgroSalud.

departamentos de Córdoba, Sucre, Bolívar, Magdalena y Cesar, mientras que al sur el departamento involucrado es Caquetá. Se puede notar que la concentración de sitios es mucho mayor en el norte que en el sur del país.

Batata biofortificada con hierro: la figura 6 deja claro que existe una importante concentración de sitios candidatos para la biofortificación de batata con hierro en la parte norte del país, sobre los departamentos de Antioquia, Córdoba, Sucre, Bolívar, Magdalena y Cesar. También se observan sitios candidatos, aunque en menor número, en los departamentos de Boyacá y Nariño.

Yuca biofortificada con hierro: los sitios candidatos para la biofortificación de yuca con hierro se concentran sobre el norte del país, sobre los departamentos de Córdoba, Sucre, Bolívar, Atlántico, Magdalena y Cesar, tal y como lo ilustra la figura 7.

Figuras 5 y 6. Biofortificación de maíz (izquierda) y batata (derecha) con hierro



Fuente: Elaboración propia, 2007

Figura 7. Biofortificación de yuca con hierro



Fuente: Elaboración propia, 2007

CONCLUSIONES SOBRE COLOMBIA

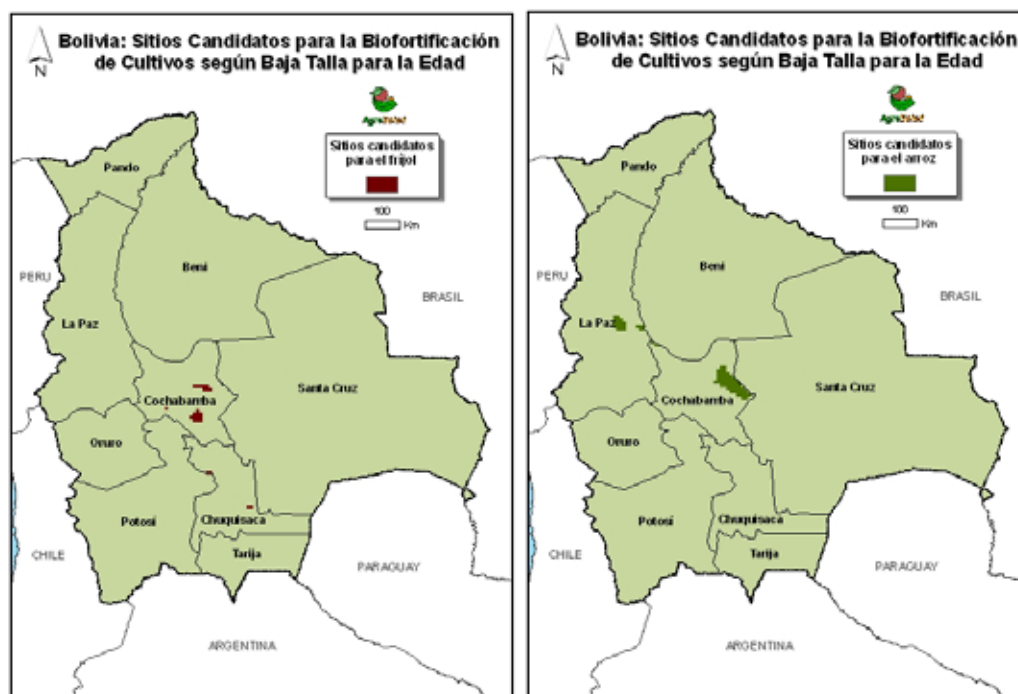
- El norte del país es la zona que concentra el mayor número de sitios candidatos para la biofortificación de cultivos. Los departamentos involucrados son principalmente: Antioquia, Córdoba, Bolívar, Sucre y Magdalena.
- El departamento de Córdoba cuenta con las características adecuadas para ser receptor de sitios candidatos para la biofortificación de todos los cultivos.

IDENTIFICACIÓN DE SITIOS CANDIDATOS PARA LA BIOFORTIFICACIÓN DE CULTIVOS EN BOLIVIA⁴

Fríjol biofortificado según baja talla para la edad: los sitios candidatos para la biofortificación de fríjol según baja talla para la edad en Bolivia se concentran principalmente en el departamento de Cochabamba, como se ve en la figura 8. Sin embargo, también se observan algunos sitios candidatos localizados en el departamento de Chuquisaca.

Arroz biofortificado según baja talla para la edad: los departamentos de La Paz y Cochabamba, ubicados al occidente y centro de país respectivamente, como lo indica la figura 9, son los únicos receptores de sitios candidatos para la biofortificación de arroz según baja talla para la edad en Bolivia.

Figuras 8 y 9. Biofortificación de maíz (izquierda) y batata (derecha) según baja talla para la edad



Fuente: Elaboración propia, 2007

Maíz biofortificado según baja talla para la edad: los departamentos receptores de sitios candidatos para la biofortificación de maíz según baja talla para la edad en Bolivia, se localizan

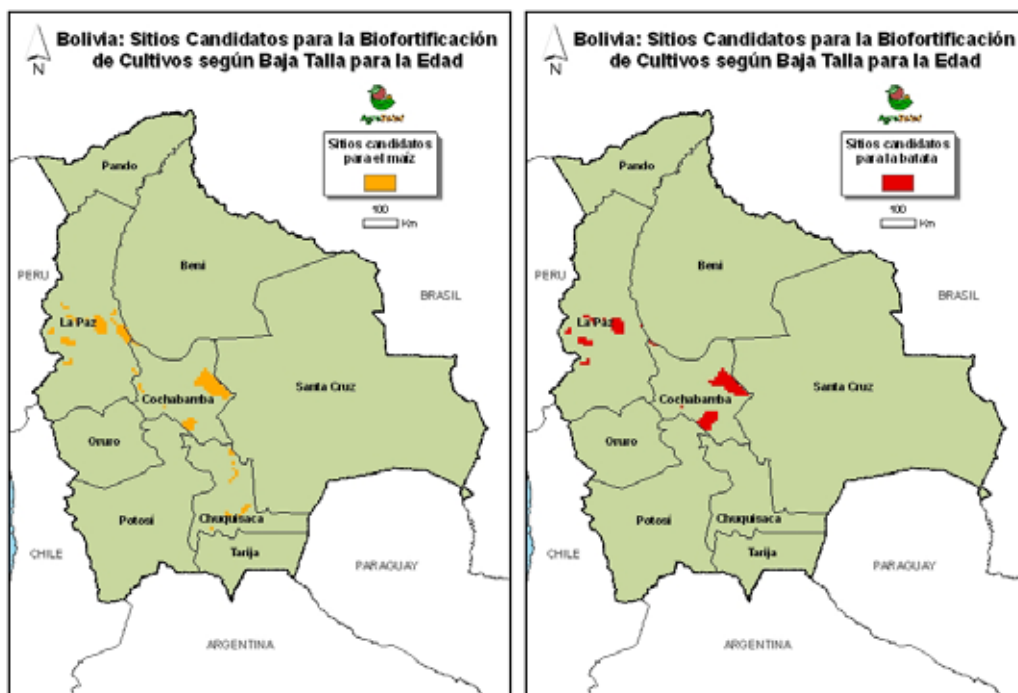
⁴ Los mapas presentes en este documento han sido tomados de la galería de mapas AgroSalud.

sobre el occidente, centro y sur del país. Estos departamentos son: La Paz, Cochabamba y Chuquisaca. La figura 10 ilustra lo anteriormente descrito

Batata biofortificada según baja talla para la edad: en la figura 11 se observa que los departamentos receptores de sitios candidatos para la biofortificación de batata según baja talla para la edad son: La Paz, Cochabamba y Chuquisaca, ubicados sobre el occidente, centro y sur del país respectivamente.

Yuca biofortificada según baja talla para la edad: como lo ilustra la figura 12, los sitios candidatos para la biofortificación de yuca según baja talla para la edad en Bolivia se concentran principalmente en los departamentos de La Paz y Cochabamba.

Figuras 10 y 11. Biofortificación de maíz (izquierda) y batata (derecha) según baja talla para la edad



Fuente: Elaboración propia, 2007

Figuras 12. Biofortificación de yuca según baja talla para la edad



Fuente: Elaboración propia, 2007

CONCLUSIONES SOBRE BOLIVIA

- El patrón de distribución de los sitios candidatos para la biofortificación de cultivos en Bolivia, indica que es principalmente sobre los departamentos ubicados sobre el occidente y centro del país, donde se encuentran las mejores condiciones para intervenir con estrategias de biofortificación de cultivos.
- El departamento de Cochabamba es un lugar propicio para intervenir con estrategias de biofortificación, puesto que allí existen sitios candidatos para todos los cultivos.

BIBLIOGRAFÍA

1. CEPAL: **Estudio económico de América Latina y el Caribe 2007 - 2008**. Publicaciones de la CEPAL / *ECLAC publications*. 2008:1-360.
2. CIESIN, IPFRI, and CIAT: **Global Rural-Urban Mapping Project (GRUMP)**. 2004.
3. De Pietri DE, García S, Rico O: **Modelos geo-espaciales para la vigilancia local de la salud**. *Rev Panam Salud Publica* 2008;23(6):394-402.
4. HarvestPlus: **Mejorando cultivos para una mejor nutrición**. 2004:1-4.
5. Johns T and Eyzaguirre B: **Biofortification, biodiversity and diet: A search for complementary applications against poverty and malnutrition**. *ScienceDirect* 2006:1-24.
6. Kamatsuchi, M: **Las disparidades en América Latina y el Caribe: Evaluación rápida de la situación de nutrición**, Sección de nutrición oficina regional para América Latina y el Caribe. UNICEF, 2003:1-14.
7. Maire B, Delpeuch, F: **Indicadores de nutrición para el desarrollo**. FAO, Roma 2006:1-85.
8. Max-Neef, M et al: **Desarrollo a escala humana, una opción para el futuro**. 1996:1- 96.
9. Nestel P, Bouis H, Meenakshi JV, and Pfeiffer W: **Biofortification of Staple Food Crops**. *Journal Nutrition* 2006:1064-1067.
10. Shuschny A, and Gilberto G: **La Distribución Espacial de la Pobreza en Relación a los Sistemas Ambientales en América Latina**. In Medio Ambiente y Desarrollo. Volume 87; 2004: 42.
11. Vandana, S: **Cómo poner fin a la pobreza. Hacer que la pobreza sea historia y la historia de la pobreza**. 2005:1-3.
12. Vesga L, Pachón H, Hyman G, Monserrate FA, Zapata-Caldas E: **Un esquema conceptual para identificar municipalidades con poblaciones en riesgo de deficiencia de cuatro nutrientes en América Latina y el Caribe**. pp. 25: AgroSalud; 2008:25.
13. Voysest VO: **Bean believers: Former Bolivian miners turn a staple grain legume into gold**. 1999:1, 6, 7.
14. Welch, R: **Breeding strategies for biofortified staple plant foods to reduce micronutrient malnutrition globally, symposium plant breeding: A new tool for fighting micronutrient malnutrition**. *J Nutr* 2002 132: 495S-499S.

15. World Bank: **Living Standards Measurement Study (LSMS)**. 2008.
16. You L, and Wood S: **An entropy approach to spatial disaggregation of agricultural production**. *Science Direct* 2006, **90**:329-347.

RERERENCIAS WEB

1. **Web site MACRO International: Demographic and Health Surveys**
[<http://www.measuredhs.com/>].
2. **Web Site AgroSalud: Maps Galery**
[http://www.agrosalud.org/descargas/Galeria_Final/Guatemala/indicadores_nutricionales/antropometirco_riesgo_deficiencia_nutricional.gif].